

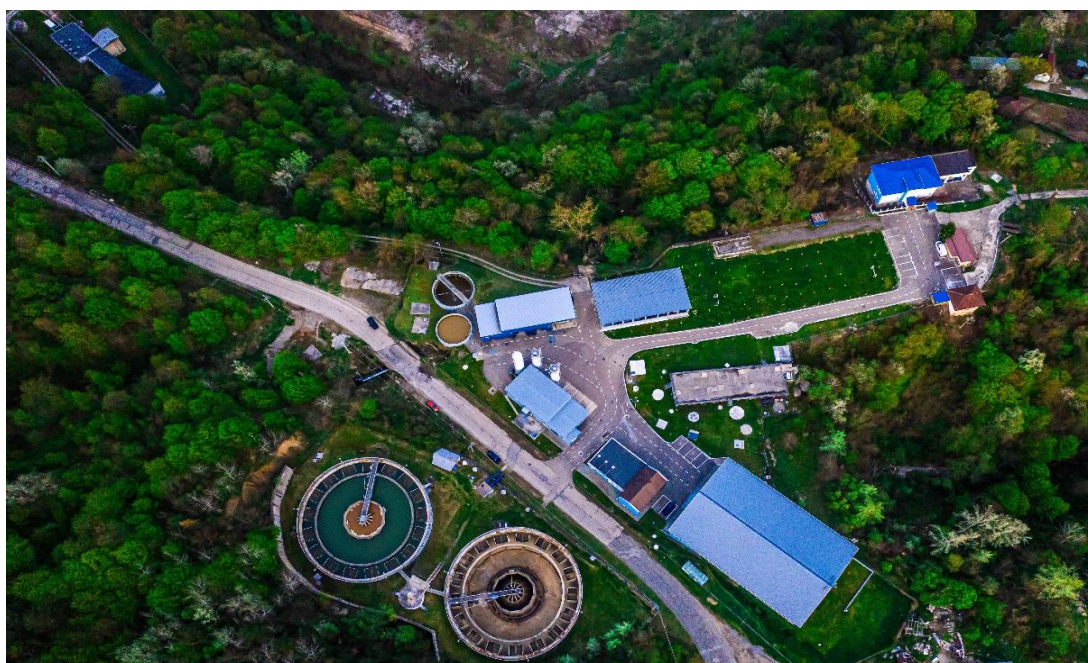
FORUMUL REGIONAL AL APEI "DUNĂRE-EUROPA DE EST"

- Conferința Tehnico-Științifică 2022 -



Asociația Română a Apei

**CONFERINȚA TEHNICO-ȘTIINȚIFICĂ  
"Gestionarea infrastructurii de apă și  
canalizare în contextul diminuării și  
epuizării resurselor"**



**VOLUM REZUMATE ȘI LUCRĂRI**

27-28 Octombrie 2022

BUCUREȘTI

Partener Media:



**Conferință Tehnico-Stiințifică organizată de Asociația Română a Apei, în parteneriat cu Universitatea Politehnica București și Universitatea Tehnică de Construcții București**

### **COMITET TEHNICO-ȘTIINȚIFIC**

- Prof. Dr. Ing. Ioan BICA - Președinte
- Prof. Dr. Ing. Anton ANTON
- Prof. Dr. Ing. Lăcrămioara Diana ROBESCU
- Prof. Dr. Ing. Alexandru MĂNESCU
- Prof. Dr. Ing. Constantin FLORESCU
- Prof. Dr. Ing. Eden MAMUT
- Prof. Dr. Ing. MIHAI LUCA
- Dr. Ing. Ilie VLAICU
- Dr. Ing. Carol LEHR

### **COMITETUL DE ORGANIZARE**

- Dr. Chim. Epsică CHIRU - Președinte
- Șef lucrări Dr. Ing. Mihaela DIMIESCU
- Conf. Univ. Dr. Ing. Sorin PERJU
- Dr. Chim. Lidia KIM
- Conf. Univ. Dr. Mihaela VASILESCU
- Jur. Daniel MIHAI
- Cons. Adriana LĂCĂTUȘU
- Sp. Rel. Publ. Alina RAPCENCU

### **KEY NOTE SPEAKER**

- Prof. Dr. Ing. Ioan BICA – Expert Banca Mondială, Președintele Consiliului Tehnico-Stiințific al Asociației Române a Apei

*NOTĂ: Autorii sunt responsabili pentru alegerea și prezentarea informațiilor și datelor conținute în volumul lucrărilor complete și rezumatelor extinse și, respectiv, pentru opiniile exprimate pe durata Conferinței.*

<p><b>Mihail LUCA, Iustina LATES (CHIRIAC), Alexandru Lucian LUCA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>“CONSIDERATIONS REGARDING THE IDENTIFICATION OF WATER LOSS TO THE ADDUCTION PIPES” (/“CONSIDERAȚII PRIVIND IDENTIFICAREA PIERDERILOR DE APĂ LA CONDUCTELE DE ADUCȚIUNE”)</i></li> </ul>	5
<p><b>Cosmin RADU, Ciprian BANCIU, Diana AGASTRA, Jose Miguel MAIA, Pedro RAMALHO, Rui MALHEIRO, Ana Rita SANTOS, Barbara BARBOSA, Miguel ZILHÃO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>“The route for efficiency by reducing water losses in Constanta” (/Calea către eficiență prin reducerea pierderilor de apă în Constanța”)</i></li> </ul>	13
<p><b>Mihail LUCA, Alexandru Lucian LUCA, Petru Daniel BRĂNIANU</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>“CONSIDERATIONS REGARDING WATER LOSSES TO THE CONSUMER CONNECTION AT THE DISTRIBUTION NETWORK” (/“CONSIDERAȚII PRIVIND PIERDERILE DE APĂ LA BRANȘAMENTELE CONSUMATORILOR DIN REȚEAUA DE DISTRIBUȚIE”)</i></li> </ul>	17
<p><b>Alan BOUKAI</b></p> <p><i>“Satellite-based leak detection and cost benefit” (/Detectarea pierderilor de apă prin satelit și avantajele asupra costurilor”)</i></p>	27
<p><b>Radu GEORGE, Korona MACIEJ, Szuptarski LUKASZ</b></p> <p><i>“Optimization of the operation of the water supply network with the use of DHI methods and tools” (/“Optimizarea funcționării rețelei de alimentare cu apă cu utilizarea metodelor și instrumentelor DHI”)</i></p>	29
<p><b>Marina GÎRLEANU</b></p> <p><i>“Modelarea hidraulică în regim permanent și nepermanent a unei conducte de aducțiune” (/“Permanent and non-permanent hydraulic modeling of a pipeline”)</i></p>	39
<p><b>Augustin DINA, Lucian MĂRUȚĂ, Horațiu HOARĂ</b></p> <p><i>“Digitalizarea activității de reducere a pierderilor de apă în cadrul APAREGIO GORJ S.A.” (/“Digitization of the water loss reduction activity within APAREGIO GORJ S.A.”)</i></p>	47
<p><b>Csaba BAUER</b></p> <p><i>“Nămolul provenit din stațiile de epurare a apelor uzate municipale, resursă regenerabilă pentru fosfor” (/Sludge from municipal wastewater treatment plants, a renewable resource for phosphorus”)</i></p>	57
<p><b>Constantin DAMIAN, Ioana BERCU</b></p> <p><i>“Strategia națională de transformare a stațiilor de epurare convenționale în stații de epurare hibride cu inteligență artificială și cu emisii CO<sub>2</sub> zero- obiectiv Green Deal al CE” (/“The national strategy for the transformation of conventional treatment plants into hybrid treatment plants with artificial intelligence and zero CO<sub>2</sub> emissions - EC Green Deal objective”)</i></p>	61



Gestionarea infrastructurii de apă și canalizare în contextul diminuării și epuizării resurselor  
27-28.10. 2022, București

Conferința Tehnico-Stiințifică



## Considerations regarding the identification of water loss to the adduction pipes

Mihail Luca\*, Iustina Lates (Chiriac) \*\* and Alexandru Lucian Luca\*\*\*

\* Prof. Ph.D. Eng., Dept. of Hydroamelioration and Environ. Prot., Technical University “Gheorghe Asachi” of Iasi, Romania (corresponding author [mluca2015@yahoo.com](mailto:mluca2015@yahoo.com))

\*\* Ph.D. Eng. Faculty of Hydrotechnics, Geodesy and Environmental Engineering, Technical University “Gheorghe Asachi” of Iasi, 67 D. Mangeron str., Iasi, Romania ([iustina.lates@gmail.com](mailto:iustina.lates@gmail.com))

\*\*\* Ph.D. Eng., Polias-Instal Company, Iasi, Romania, ([lucian\\_luca2015@gmail.com](mailto:lucian_luca2015@gmail.com))

**Abstract.** The adduction pipes have significant water losses due to the constructive and functional characteristics. The long length of the adduction pipes, the materials used for execution, the variation of pressure and flow, but also the action of the embedding environment favour the initialization and development of water losses. Losses are determined by the location of the pipe, the mode of operation and the aging process of the material. The identification of the pipe sections with water losses implies an exact knowledge of the location, but also of the access conditions in the area where the pipes are located. The use of water loss monitoring equipment requires the passage of the pipeline route. Studies and research conducted on a series of adduction pipes with large lengths and diameters have highlighted the difficulty of accessing them given their location on land with various types of property. The supply pipes in the water supply systems have been made in various periods of time. Some of them are over 100 years old (the case of the Timisesti - Iasi adduction), and a large number are 50-70 years old. In the years 1900 - 1948 part of the site belonged to the state and private owners. Between 1948 and 1990, the location of the pipelines was on land belonging to the state and to some groups of owners and restricted to some owners. After 1990, private property was expanded to the detriment of collective and state property. Carrying out measurements on water losses and the execution of works to limit the phenomenon requires the creation of access areas and intervention lanes. The paper analyzes a series of problems regarding the management of water losses on an supply pipe located on a land with types of public and private property.

**Keywords:** access corridor, intervention works, location, loss control

### 1. Introduction

The water supply system is a complex of constructions and installations with the aim of ensuring the quality and quantity of water demanded by consumers. Supply pipes are an important component in the operation of the water supply system, through their geometric, structural and functional characteristics. Water losses occur in all components of the water supply system (intake, reservoirs, distribution network, pumping stations and so on) [4] [11].

The position of the water source in relation to the distribution network imposes a route of the adduction pipeline in which various types of property of the site land interfere [4] [8]. The pipeline route crosses various relief areas, undercross watercourses, roads, railways, natural obstacles, or overcrosses a series of natural and man-made obstacles. The exact knowledge of the route of the adduction pipeline requires the creation of a detailed hydroedilitar cadastre, which is used in construction management [8].

A series of studies on supply pipes are presented in the specialized literature. The research carried out on the Iasi - Timisesti adduction highlighted the operating parameters and especially the water losses, resulting in their influence on the stability in the field and the way the pipeline works [4], [5], [8] [10]. Water losses are determined by the location of the pipeline, the mode of operation and the aging process of the material. As mentioned by the EPA [15], the water supply system, implicitly the supply pipelines, represents an interdependent mix of technologies, customers, community services, finance, location and regulatory issues. Monitoring and maintenance of pipelines is a challenge due to their length, component materials, but also the high costs of repair or rehabilitation. Water companies often prefer to do repair work rather than rehabilitate and replace degraded components.

A water supply system has a multitude of spatial attribute data attached to it. To improve, manage and make work more efficient, as well as to reduce the workload of workers, one of the best methods is to design the water supply network with the help of GIS databases [6], [12], [14]. Assessment and forecasting of water losses in the pipeline network is carried out using special models that use a GIS database [1], [2], [7]. Also, the rehabilitation works of the water supply system components require a GIS database [13]. In Sacramento, U.S.A., the water company made a plan to rehabilitate the adduction pipelines that pursued the following objectives [17]:

- ensuring a safe water transport system;
- structural inventory of existing distribution networks by size, type and age;
- providing a plan for monitoring the adduction and evaluating the site conditions;
- providing a plan to rehabilitate or replace the supply pipelines, to incorporate new technologies, management practices and the needs of the study area;
- to provide direction and framework for future revisions.

The detection of water losses from the adduction pipelines is currently carried out using high-performance techniques and equipment, and the data are stored in the GIS model [5], [3].

The paper presents the results of studies and researches regarding the management of water losses at adduction pipeline located on a route that contains plots of land with different types of ownership (public and private).

## **2. Elements of the hydroedilitar cadastre to the adduction pipes**

Adduction pipes show important water losses determined by the constructive and functional characteristics. The long length of the supply pipes, the materials used for execution, the variation of pressure and flow, but also the action of the enclosing environment favour the initiation and development of water losses. Losses are determined by natural and anthropogenic actions on the site, by the way of exploitation and especially by the application of repair, maintenance and rehabilitation works. But, the main factor remains the aging process of the material and the absence of rehabilitation and modernization works [5] [10].

The identification of the adduction sections with water losses implies the exact knowledge of the location and the access conditions in the damage area [4]. The use of water leak detection equipment requires the route of the pipeline location. This operation involves detailed knowledge of the topographical and real estate characteristics considering the location of the adduction pipelines in the field over time [9].

The studies and research carried out on a series of adduction pipelines with large lengths and diameters highlighted the difficulty of access to degraded or damaged sections, considering their location on land with various types of property. The adduction pipelines within the water supply systems in Romania were built in various periods of time. Some of the pipelines have been in operation for over 100 years (the case of the Timisesti - Iasi pipeline and others), and quite a large number are 50-80 years old [5], [10]. In the years 1900 - 1948, part of the land where the pipelines were located belonged to the state and private owners. Between 1948 and 1990, the location of the pipelines was

on land that belonged to the state, some collectives of owners and restricted to some owners. After 1990, private property expanded to the detriment of collective and state property.

Carrying out operations in the exploitation process, performing water loss measurements and performing maintenance, repair and rehabilitation works require access to various sections of the supply pipeline. In this situation, considering the diversity of the type of ownership of the site, the following actions are necessary:

- realization of a real estate - hydro-building cadastre to define the type of ownership of the site; the route of the adduction pipeline must be correlated with the provisions of the General Urban Planning Plan (GUP) and the Zone Urban Planning Plan (ZUP);
- creation of a GIS model for monitoring all the parameters that corroborate to ensure an optimal management of the adduction pipeline;
- carrying out studies, field research, technical documentation and legal documents to allow the creation of access areas and intervention lanes at the sections and nodes of the adduction pipeline affected by various negative operating situations;
- carrying out a technical and legal study regarding the transition mode of the site from private property to the property of the pipeline operating company.

During a long period of time, during which the pipeline is in operation, real estate parameters of the land can change, materialized by changing owners, changing the type of use of the land, the appearance of new constructions on the site and in the area of sanitary protection and so on. A series of studies and research in this field were carried out on the adduction pipelines from the regional water supply system of Iasi County [4], [8], [9], as well as from other operating areas of Romania [4].

### 3. The real estate - hydroedilitar registry of the adduction pipes

The Timisesti - Iasi pipeline, case study

The Timisesti - Iasi pipeline crosses two counties and a series of administrative territorial units (UTA). The adduction route starts in the suburbs of the village of Soci and crosses both municipalities from Neamt and Iasi Counties, rivers, landforms, roads, railways [18]. The real estate-hydroedilitar cadastre of the adduction is presented in detail in the paper [8], and the characteristics regarding water losses in the paper [4]. The research area presented in this paper is located on the AdII Timisesti - Iasi adduction (Figure. 1.), on the „Node Sabaoani - Gallery Strunga” section. The AdI pipeline has been in operation since 1973 and has a length of 102 km [18].

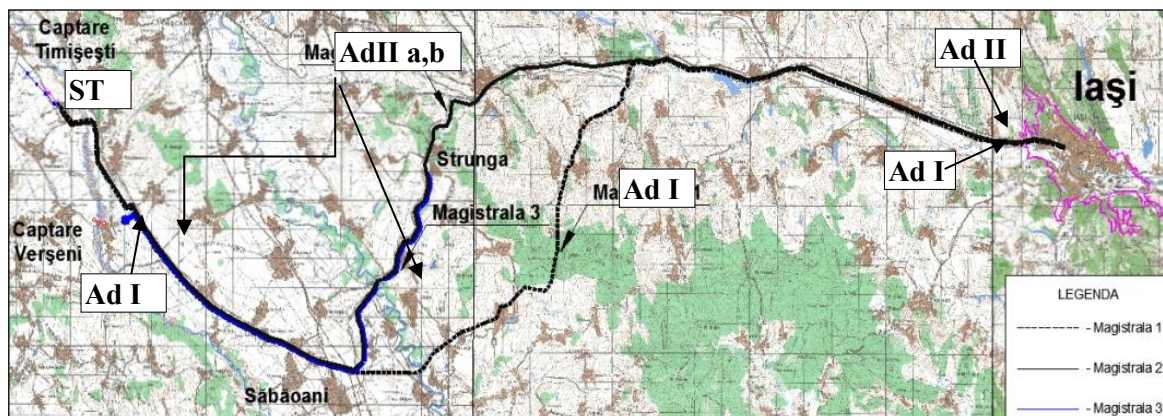


Figure. 1 Placement of the two Timisesti - Iasi adduction pipes in the field [8].

The AdII adduction is located parallel to the AdI adduction and the national road DN 2 up to its intersection with DN 28 on the "Timisesti catchment - Sabaoani Node" route. From the Sabaoani Node, the AdII adduction runs parallel to DN 28, crosses the Siret river in the Scheia area, crosses the Strunga commune, the town of Targu Frumos, and from the village of Sarca has a common route with the AdI adduction, up to the connection with the reservoir in the city of Iasi. The two adducts, AdI and AdII, operate gravitationally throughout the route. The AdII adduction consists of two parallel pipes (AdIIa and AdIIb) up to the Strunga Gallery, after which they join into a single pipe. The AdII pipeline

undercrosses and overcrosses natural obstacles (Moldova, Siret and Bahlui rivers, Strunga Hill) and artificial obstacles (roads, railways, etc.) [8].

The Timisesti - Iasi pipeline crosses various landforms, towns, street networks and private properties along the route. Its location involves a series of problems especially regarding maintenance, repairs, rehabilitation and modernization works. The realization of these works requires the granting of the right of access to the site area.

The case study carried out analyzed the following scenarios [8]:

Scenario 1 – intervention situations in case of damage to underpasses;

Scenario 2 – intervention situations in the case of overpass accidents;

Scenario 3 – intervention situations for repair work, intervention, rehabilitation and modernization of the supply pipe located on private or public properties.

Carrying out the study requires completing the following stages [8]:

Stage I: Schematization of the analysis model according to the data to be collected according to the objective of the case study.

Stage II: Acquisition of data and identification of the study area. The data necessary to create an analysis model are collected from the cadastral documentation provided by OCPI Iasi, and the water company provides the data and measurements from the location of the adduction pipe,

Stage III: Drafting or improving the model by correlating the real estate cadastre (measurements carried out, identification of private and public properties, delimitation of areas with access problems for interventions). The data collected from the two sources are merged and pre-processed, stored in databases and then entered into specialized work programs [8]. The verification of the analysis model is carried out with the help of cadastral plans, orthophotoplans and field research.

Stage IV: Preparation or improvement of the hydro-building cadastre elements by improving the data on the location of the pipes, the material of the pipes, their current structural condition, access conditions, interventions in time for repairs and so on. The data are processed and entered into the monitoring GIS model.

Stage V: Reporting problems of problems encountered on the studied sections and analysis of different cases encountered in the study area, and the results are stored in the model database.

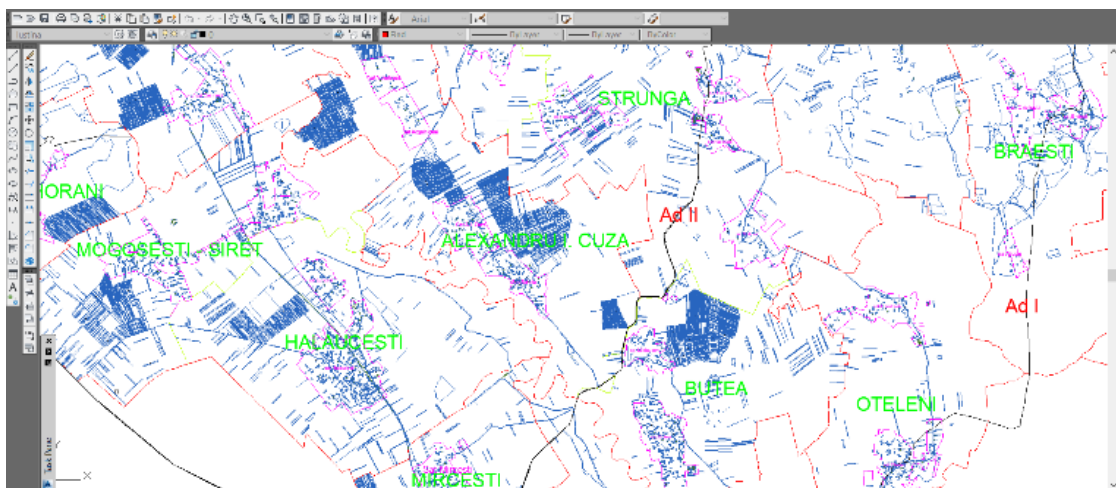


Figure. 2. Visualization in Arc Map of the AdI and AdII adduction route Timisesti – Iasi [8].

The analysis carried out in "Scenario 3" deals with intervention problems at the adduction pipeline located on the public or private domain [8]. To create the scenario, the location of the AdII adduction and the buildings that are registered within the county, in conjunction with the cadastral plans, orthophoto plans, property documents existing in the OCPI database were analyzed. By superimposing the plan with the tabulated buildings over the plan with the adduction route, the following data resulted [8]:

- on the route of the adduction pipes in Iasi County, cadastral property that are not yet listed predominate;

- the pipeline route passes through several administrative territorial units;
- the adduction pipes has its route along communal, county or national roads, but it has been found that there are situations when they cross listed properties.

In order to carry out rehabilitation or repair works on certain sections of the adduction, or even on the entire adduction, it is necessary to know the cadastral property it crosses. Breakdowns and intervention works, maintenance, repairs, rehabilitation, etc., negatively affect private properties. Thus, in these cases they must be legally regulated between both parties. In the case of private buildings, it is necessary to compensate the owners in case of deterioration of the goods due to the damage produced and the execution of intervention works.

One solution is to create an access corridor and a land area for intervention based on a contract between both parties. In special situations of public importance, an access corridor and a work area can be created through expropriation. This can be easily achieved by corroborating the real estate cadastre with a part of the building cadastre [8]. In Romania, there is no legislation in force to regulate this aspect, but in order to create an expropriation corridor, or for compensation, it is necessary to draw up a contract between the water company and the owners of the affected buildings.

The case study 08 - LI 03 elaborated in [8] analyzed the intervention works on the AdII adduction pipe on the private property of UAT Strunga. Pipelines AdIIa + AdIIb are located on private agricultural land (Figure. 3). The analysis carried out indicated a series of situations in the interventions on the pipeline sectors and the related hydro-development constructions (entrance chamber C1 in the Strunga Gallery). The location of the pipeline and the connecting pipe on the agricultural land, at a distance of 300 - 400 m from the road, requires an access corridor. The access corridor is made on the agricultural land, being realized by renting, expropriating, or concessioning the land from the owners. The dimensions of the access corridor, but also of the work area, must be correlated with the dimensions of the intervention equipment. In certain situations, compensation will have to be paid in case of crop destruction. Another option is to buy the area needed to access the pipeline.

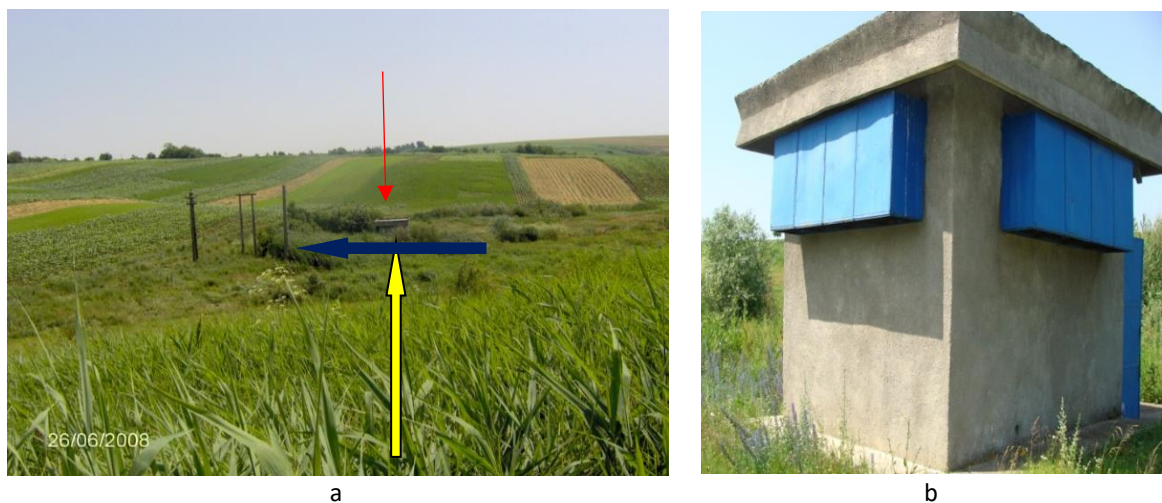


Figure. 3. Characteristic elements of the AdIIa+AdIIb adduction route, Strunga sector, Iasi county: a – location of the entrance to the Strunga Gallery; b – detail of the entrance hall to the gallery [8].

A similar situation is represented by the project to rehabilitate the adduction pipeline for the water supply of the towns of Hateg, Calan, Simeria and Deva, where the process of tabulating the adduction corridor was carried out and the land owners were identified. As mentioned in Decision no. 168/2014, the procedure is a difficult one that requires the preparation of a large number of documents. The corridor is approximately 5 m wide and 26.8 km long [16].

In the case of Iași County, for the construction of an expropriation corridor for the Timisesti - Iasi adduction pipes (AdI and AdII), considering its constructive structure (diameter 1.0 m, reinforced concrete and steel tubes), the following situations occur [8]:

A - Public domain with data: building with cadastral number 62857, located in the outskirts of A. I. Cuza commune, tarla 86, plot CC 573/1 with an area of 2910 m<sup>2</sup>, land owned by Butea commune. The adduction pipeline is positioned underground in the right of way of the national road DN 28 at a

distance of approximately 4 m. If it is admitted that for the creation of an expropriation corridor a minimum opening of 5 m is necessary, from the total area of 2910 m<sup>2</sup> an area should be dismantled of 800 m<sup>2</sup>. Thus, the surface of the building would decrease to 2110 m<sup>2</sup>. In this case, from the cadastral point of view, it is necessary to prepare a documentation of removal and to compensate the owner. A special situation arises in the case of this building due to the nearby location of graves from the Second World War (Figure. 4).

The expropriation corridor may, however, require a width greater than 5 m, as it must be consistent with the dimensions of the means of intervention. For example, an excavator with a large width (6 – 8 m) would require the creation of a corridor with a width of 10 m.



Figure. 4. Visualization of the adduction location area at the border of DJ28 and the conditions for the realization of the access corridor and the work area: a – orthophoto plan of the researched area; b – general view of the cadastral property [8].

B - The private domain with the data: building with cadastral number 60353, located in the outskirts of Oteleni commune, tarla 40/3, plot A 685, in an area of 3379 m<sup>2</sup> of agricultural land [8]. The land is located near the DC 82A communal road that connects the village of Oteleni and the village of Buhonca (Figure. 5). The supply pipe is positioned underground over the agricultural land.



Figure. 5. Visualization of the location of the AdI adduction on a private property in UAT Oteleni, Iasi County: a – orthophoto plan of the researched area; b – general view of the cadastral property [8].

If it is taken into account that the creation of an expropriation corridor that requires an opening of at least 5.0 m, from the total area of 3379 m<sup>2</sup>, two areas should be dismantled, because the AdI adduction route cuts the cadastral property in two. It results in an area of 220 m<sup>2</sup> attributed to the corridor, and the resulting lots have areas of 910 m<sup>2</sup> and 2249 m<sup>2</sup>.

In this sense, from the cadastral point of view, it is necessary to draw up a documentation of removal and to compensate the owner [8]. A disadvantage of this situation is that the cadastral property no longer has continuity. Considering that the land is used for agricultural purposes, the owners in the area would have their plots of land interrupted. The pipeline access solution is represented by the conclusion of a contract between both parties. In return, the water company will grant compensation for the damages caused by interventions on the pipeline. There may also be other ways of conciliation.

The analysis carried out in the field highlighted a series of negative actions carried out by the public administration in the area occupied by the adduction pipelines and even in the sanitary protection area under severe regime. The municipal administration gave the right to build houses at the limit of the location of the supply pipes, without respecting the sanitary protection zones. It also allowed the construction of parking lots along the pipeline route, a situation that creates underground pollution of the site. At the same time, the presence of parking lots causes the appearance of additional forces on the surface of the land, which were not foreseen in the design [8]. The transition from the public domain to the private domain of the location of the adduction pipeline no longer allows the verification of water losses to be carried out.

#### 4. Conclusions

1. The management of the pipelines interacts with the property regime of the cadastral property they cross. In the case of the public domain, intervention works are legally carried out more easily. In the case of private properties, several parties are involved, a situation that makes the process of renting the land or compensating for damages difficult, taking place over a long period of time and sometimes difficult.
2. The structural components of the adduction pipelines (pipes with hydraulic installations, undercrossing, overcrossings, connections, anchor masses, etc.) require the construction of access roads to the intervention site in case of breakdown or maintenance work. In the location of the damage, a work area must be created, which influences the structural and economic state of the respective land, with economic implications for the owners.
3. The access routes/expropriation corridor must be made according to the legal system of the cadastral property (private, public); for the expropriation corridor, a concession contract can be concluded with the beneficiary of the cadastral property or areas can be created that offer servitude rights to certain cadastral property. The intervention area that is assimilated for some components of the adduction as sanitary protection areas must be transferred to the water company's heritage as an independent cadastral property (property), by purchase or drawing up a concession contract for an indefinite period. In this case, the legal regime of the private or public cadastral property will be considered.
4. For an optimal management of the adduction pipes, case studies must be carried out for each structural component, which ensure quick interventions (access corridors) and the carrying out of activities in the work areas (intervention areas). GIS analysis models facilitate the process of inspection, maintenance and monitoring of intakes, as well as that of limiting water losses. The absence of access lanes and intervention areas complicates the activity of detecting water losses in supply pipes.

#### References

- [1] Bolstad P. GIS Fundamentals: A first text on Geographic Information Systems, Second Edition. White Bear Lake, S.U.A, 2005.
- [1] Boulos P.F., Aboujaoude A.S. Managing leaks using flow step testing, network modeling, and field measurement, Journal AWWA, Vol. 103, No. 2, pp. 90-97, (2011).
- [3] Brennan, M., Joseph, P., Muggleton, J., Gao, Y., The use of acoustic methods to detect water leaks in buried water pipes. Water and Sewerage Journal, 1, pp. 11–14, 2006.
- [4] Chirica St., Contribuții la cercetarea fenomenului "pierderi de apă" din rețelele hidroedilitare. Teză de doctorat. Universitatea tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași, 2019.
- [5] Chirica Șt., Luca M., Lateș I. Considerații privind monitorizarea conductelor de aducțiune în scopul limitării pierderilor de apă. Rev. RomAqua, An XXIV, nr. 7, vol. 129, edit. Asociația Română a Apei, București, p. 30 – 39, ISSN 1453 – 6986, 2018.
- [6] Lateș I., Luca M. The management of water supply system using GIS application. RevCAD, Journal of Geodesy and Cadastre, no. 22, „1 Decembrie” University of Alba Iulia, Aeternitas Publishing House Alba Iulia, p. 123...130, 2017. ISSN 1583-2279
- [7] Lateș I., Chirica Șt., Luca Al. L. Monitoring pipelines under pressure using GIS models. Proceedings of Danube-Eastern Europe Regional Water Forum, International Conference “Efficient use and management of water 2018”, ARA Publishing, București, p. 54-61, 2018.

- [8] Lates I. Contribuții la îmbunătățirea monitorizării sistemelor de alimentare cu apă. Teza de doctorat. Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași, 2019.
- [9] Luca M., Lates I., Crenganiș L., Luca Al. L. Contributions on the adduction pipes cadastre for potable water. RevCAD, Journal of Geodesy and Cadastre, no. 27, „1 December” University of Alba Iulia, Aeternitas Publishing House Alba Iulia, p. 51 - 58, 2019. ISSN 2068-5203.
- [10] Luca M., Luca Al. L., Tămășanu F., Chirica Șt. Management of adduction pipes – rehabilitation undercrossing. Proceedings International Conference: “Sustainable Solution in Water Management 2017”, ARA Publishing, București, Romania, pp. 37 – 48, 2017. ISBN 978-973-88245-1-5.
- [11] Mănescu, AL. Managementul pierderilor de apă din sistemele de alimentare cu apă a localităților, Rev. Hidrotehnica, vol. 55, nr. 4-5, București, p. 33-40, 2010.
- [12] Rasooli A., Kang D. Designing of hydraulically balanced water distribution network based on GIS and EPANET, International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol. 7, No. 2, pp.118-125, Japan, 2016.
- [13] Tabesh, M., Saber, H. A prioritization model for rehabilitation of water distribution networks using GIS. Water Resource Manage, Vol. 26, pp. 225–241, 2012.
- [14] Wang Z.S., Weo Z.K., Yin Q., The Design of Water Supply Network Based on GIS. IEEE Conference on Cybernetics and Intelligent Systems, Singapore, 2008.
- [15] \*\*\* Environmental Protection Agency (EPA), Deteriorating Buried Infrastructure Management Challenges and Strategies, United States, pp. 209-213, 2002
- [16] \*\*\* Hotărârea nr.168/2014, Decizia de expropriere pentru cauză utilitate publică a imobilelor situate pe coridorul de expropriere al lucrării de utilitate publică de interes județean "Reabilitare conductă de aducțiune apă tratată pentru alimentarea cu apă a localităților Hațeg, Călan, Simeria și Deva", Cons. Jud. Hunedoara, 2014.
- [17] \*\*\* Sacramento Suburban Water District (SSWD), Water transmission main asset management plan, United States, 2011
- [18] \*\*\* Site-ul operatorului regional Apavital – [www.apavital.ro](http://www.apavital.ro).

**Gestionarea infrastructurii de apă și canalizare în contextul diminuării și epuizării resurselor**  
**27-28.10. 2022, București**

Conferința Tehnico-Stiințifică



## **Calea către eficiență prin reducerea pierderilor de apă în Constanța**

**Cosmin Radu<sup>1\*</sup>, Adrian-Tudor Florea<sup>1</sup>, Ciprian Banciu<sup>1</sup>, Diana Agastra<sup>1</sup>, Jose Miguel Maia<sup>2</sup>, Pedro Ramalho<sup>2</sup>, Rui Malheiro<sup>2</sup>, Ana Rita Santos<sup>3</sup>, Barbara Barbosa<sup>3</sup>, Miguel Zilhão<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> RAJA S.A. - Regia Autonomă Județeană de Apă Constanța

<sup>2</sup> AGS - Administração e Gestão de Sistemas de Salubridade S.A. - România

<sup>3</sup> AGS - Administração e Gestão de Sistemas de Salubridade S.A. - Portugalia

\* Autor pentru corespondență: [cosmin.radu@rajac.ro](mailto:cosmin.radu@rajac.ro)

**Rezumat:** Disponibilitatea resurselor de apă este din ce în ce mai limitată, iar România este una dintre țările europene cu cele mai ridicate niveluri de pierderi de apă. Compania de apă RAJA a pornit într-o călătorie intensă pentru a reduce apa nevalorificată din Constanța, printr-un proiect inovator bazat pe performanță, unic în România. Clienții din Constanța vor beneficia de servicii mai bune, în timp ce compania de utilități operează cu cele mai avansate instrumente digitale de gospodărire a apei: monitorizarea online a debitului și presiunii, controlul erorilor de contorizare a clienților, supervizarea continuă a performanței și îmbunătățirea managementului serviciilor de alimentare cu apă. Astfel, se reduc pierderile de apă, precum și energia consumată în Constanța.

**Cuvinte-cheie:** apă nevalorificată, eficiență, indicatori-cheie de performanță, pierderi aparente, pierderi reale, sustenabilitate.

### **Introducere**

Pentru a atinge obiectivele de management, utilitățile de apă trebuie să vizeze standarde ambițioase de eficiență și eficacitate a serviciilor lor. Eficacitatea indică măsura în care sunt îndeplinite obiectivele de management, în timp ce eficiența indică măsura în care sunt optimizate resursele disponibile pentru furnizarea serviciului [1]. În multe cazuri, utilitățile de apă pot fi eficiente – furnizarea serviciului – dar nu eficiente – neutilizând resursele în cel mai bun mod posibil pentru a furniza serviciile.

Apa nevalorificată (NRW) este un exemplu excelent în acest sens. Valorile excesive ale apei nevalorificate arată că o parte însemnată din apa captată, pompată, tratată, stocată și distribuită nu va fi facturată cu costurile inerente în ceea ce privește apa, energia, substanțele chimice și forța de muncă suportate de compania de apă. Acest lucru are consecințe importante la nivel de mediu, economic, tehnic și social. Prin urmare, RAJA și AGS implementează un contract inovator de servicii bazat pe performanță (PBSC) pentru reducerea apei nevalorificate în municipiul Constanța.

### **Stabilirea căii pentru reducerea pierderilor de apă**

RAJA S.A. vizează reducerea nivelului de apă nevalorificată din rețeaua de distribuție a municipiului Constanța, cu toate componentele sale, pierderi reale, pierderi aparente și consum autorizat

nefacturat și îndeplinirea obiectivelor indicatorilor-cheie de performanță (KPI) stabiliți pentru PBSC. Acestea au fost determinate ca apă nevalorificată, Indicele pierderilor din infrastructură (ILI) și frecvența avariilor conductelor.

Indicatorii de performanță, precum KPI sau indicii de performanță, sunt măsuri care evaluează un aspect specific al performanței unei utilități de apă sau al nivelului serviciului. Acestea constituie un instrument de identificare a eficacității și eficienței unei utilități de apă într-o manieră simplă și obiectivă, fiind un pas esențial pentru identificarea problemelor și implementarea acțiunilor de îmbunătățire.

PBSC are scopul de a asista RAJA în elaborarea de planuri pe termen scurt, mediu și lung pentru reducerea apei nevalorificate și a oferi instruirea personalului relevant, astfel încât îmbunătățirile în ceea ce privește reducerea apei nevalorificate să poată continua și după implementarea PBSC.

Inițial, sistemul de apă al RAJA a reprezentat o situație dificilă pentru implementarea proiectului. Lipsa contorizării a împiedicat evaluarea volumelor pierderilor de apă și a fost dificil să se ia măsurile adecvate pentru reducere. Canalele de comunicare între departamente au necesitat îmbunătățiri, procedurile și fluxurile de lucru au trebuit actualizate prin utilizarea tehnologiilor inovatoare și a bunelor practici industriale. În același timp, existența unor active învechite sau nefuncționale, cum ar fi vanele sau contoarele, nu numai că a îngreunat operarea rețelei, ci a determinat și imposibilitatea abordării sustenabile a pierderilor de apă.

În ultimul an și jumătate, colaborarea dintre RAJA și AGS a declanșat o schimbare a paradigmei actuale a RAJA, punând în aplicare cerințele esențiale pentru implementarea unui proiect de reducere a apei nevalorificate și contribuind în același timp la o operare îmbunătățită a rețelei, care se va transpune în servicii îmbunătățite. Tabelul 1 prezintă o comparație a situației unor activități de reducere a apei nevalorificate la punctul de plecare al PBSC și a situației actuale.

**Tabel 1.** Exemple de activități de reducere a apei nevalorificate înainte de PBSC și situația actuală.

Subiect	Înainte de PBSC	În prezent
Măsurători ale volumului intrat/ieșit din sistem	Măsurători parțiale cu colectarea și stocarea datelor locale	Volumele sunt măsurate permanent, cu colectarea datelor de la distanță
Înregistrările de debit și presiune	Monitorizare incompletă și înregistrarea datelor în format fizic	Datele sunt analizate automat în cadrul instrumentelor online, comparate cu datele istorice și software-ul generează alarme
Zone de sectorizare (DMA)	-	Sunt implementate câteva DMA-uri cu monitorizarea online a debitului și presiunii
GIS	Nu era digitalizată întreaga rețea.	GIS actualizat, în cadrul căruia sunt centralizate datele
Model hidraulic	Depășit	Întreaga rețea este modelată printr-un GIS actualizat.
Ordine de lucru	Evidențe tipărite, cu informații limitate și fără o analiză ulterioară	Ordine de lucru georeferențiate, centralizate într-un instrument digital, cu un model cuprinzător de date
Echipamente de operare	Nu existau evidențe ale manevrării vanelor sau ale inspecției hidranților	Există proceduri de manevrare a vanelor și inspecție a hidranților
Citiri ale apometrelor clienților	Citiri colectate în format tipărit, erori de contorizare necunoscute, grad scăzut de înlocuire a contoarelor	Erori de contorizare a clienților determinate prin analiza automată printr-un instrument digital, stabilirea priorităților în înlocuirea apometrelor clienților
Consum neautorizat	Inspecțiile privind utilizarea ilegală erau în așteptare	Inspecțiile au fost reluate și au fost implementate noi proceduri
Detectarea Activă a Pierderilor (ALD)	Inspecții puține și rare. Reactive	Câteva echipe alocate exclusiv ariei de deservire se ocupă de fiecare DMA, utilizează geofoane, tije acustice, loggeri acustici, corelatoare și inspecții video
Evaluarea performanței	Evaluare extrem de limitată și niciun fel de monitorizare a performanței	Evaluare continuă, calculare a indicatorilor-cheie de performanță, raportare lunară și discutarea rezultatelor și acțiunilor pentru abordarea problemelor existente
Balanța apei	Precizie limitată a balanței apei	Balanțele apei sunt calculate trimestrial, cu precizie îmbunătățită.

## Abordarea pierderilor reale

Ca parte a procesului de îmbunătățire a eficienței serviciului de alimentare cu apă este esențială promovarea unui studiu de sectorizare a rețelei, prin implementarea DMA-urilor în scopul de a monitoriza mai eficient rețeaua și a permite înțelegerea distribuției spațiale a pierderilor reale.

Sectorizarea nu numai că permite identificarea unor variații bruște a volumelor de apă, care pot corespunde unor spărturi sau avarii ce nu sunt detectate imediat, dar poate reduce, de asemenea, lungimea rețelei ce trebuie inspectate. În cadrul PBSC sunt propuse 79 de DMA-uri, după cum este prezentat în Figura 1.

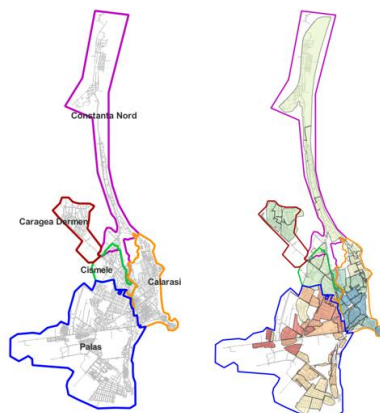


Figura 1. Sectorizarea sistemului de apă din Constanța.

Pentru reducerea pierderilor reale, RAJA utilizează un instrument digital dezvoltat de AGS, denumit *Flowise*, un sistem de monitorizare a rețelei în timp real care integrează informațiile istorice privind măsurătorile debitelor și alte variabile hidraulice precum presiunea, nivelurile apei, concentrația de clor sau gradul de conductivitate.

Cu ajutorul acestui instrument, datele sunt actualizate și analizate continuu de către algoritmi publicați și validați de către comunitatea științifică [2]. Datele sunt validate și normalizate automat prin detectarea și corectarea anomaliilor cauzate de problemele de măsurare, precum transmisia defectuoasă sau achiziția inadecvată de date. Sunt stabilite și actualizate regulat tipare de consum pentru fiecare dispozitiv de măsurare și DMA pentru a reflecta schimbările zilnice, săptămânale și sezoniere.

În plus, se realizează o comparație între tiparele de consum normalizate și măsurătorile online [2]. În cazul în care sunt detectate diferențe semnificative sunt declanșate alarme. Aceste diferențe sunt cauzate de utilizările anormale și pot fi clasificate în funcție de tipul de eveniment, precum scurgeri, avarii pe conducte, defecțiuni ale instrumentului de măsurare sau transmisie sau consumuri anormale, printre altele.

În Figura 2 este prezentat un exemplu din *Flowise* care se referă și la importanța unor activități eficiente de detectare activă a pierderilor. Conștientizarea făcută de *Flowise*, împreună cu activitatea desfășurată de echipele de detectare activă a pierderilor, a permis remedierea unei avarii majore, care a generat o pierdere de apă de aproximativ 195.000 m<sup>3</sup>. Treptat, timpul de conștientizare a avariilor ascunse se va reduce, permițând localizarea și remedierea timpurie a avariilor, ceea ce se va traduce într-un volum mai mic de pierderi de apă.

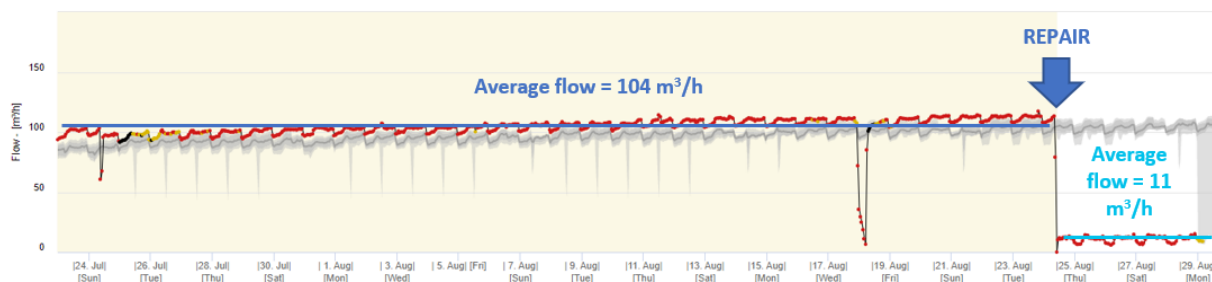


Figura 2. Exemplu al monitorizării continue a debitului în *Flowise*.

## **Combaterea pierderilor aparente**

Pentru a combate pierderile aparente, s-a făcut efortul de a monitoriza continuu imprecizia contorizării clienților, stabilind prioritățile pentru înlocuirea contoarelor și identificarea consumului neautorizat. În plus, RAJA utilizează instrumentul AGS care susține reducerea aparentă a pierderilor, *Meterwise*.

Metodologia utilizată pentru dezvoltarea acestei soluții bazate pe web este urmată de principii științifice [3]. *Meterwise* determină durata optimă de viață a fiecărui contor în mod individual, luând în considerare balanța dintre costul înlocuirii contorului și câștigurile obținute din reducerea subînregistrării [2]. Beneficiind de existența laboratorului de contoare pentru clienți RAJA, a fost selectat un grup de contoare ale clienților pentru teste ce vor permite construirea curbei de eroare pentru fiecare contor și, ulterior, determinarea ratelor de degradare a contoarelor clienților RAJA și a erorilor inițiale. Eroarea ponderată pentru fiecare contor poate fi obținută prin intersectarea curbei sale de eroare cu histograma consumului mediu de apă. Pe baza rezultatelor obținute și a aplicării metodologiei duratei de viață, RAJA poate înlocui contoarele clienților cu erori critice într-un mod eficientizat pentru a reduce pierderile aparente.

## **Lecții învățate, următorii pași și comentarii finale**

În ciuda faptului că PBSC este într-un stadiu timpuriu (35%), fluxurile de lucru s-au îmbunătățit considerabil pe măsură ce tranziția de la formatul tipărit la cel digital a devenit o prioritate. Echipa de pierderi de apă este întărită nu numai prin creșterea eforturilor de detectare activă a pierderilor, ci și în ceea ce privește modelarea hidraulică și consolidarea activităților de detectare a utilizărilor ilegale. În plus, importanța unei comunicări transparente în cadrul departamentelor a fost, de asemenea, un punct de interes la care RAJA a lucrat neîncetat pentru a facilita disponibilitatea datelor pentru toate părțile interesate.

La sfârșitul PBSC este de așteptat ca RAJA să fie o companie digitală și matură de apă, cu acoperire totală a măsurării, cu precizie și fiabilitate ridicată. Toate datele privind debitul și presiunea vor fi online, cu o echipă responsabilă de gestionarea zilnică. Întregul sistem va fi împărțit în DMA-uri, complet monitorizat de la distanță. În plus, GIS va fi complet actualizat pentru a sprijini luarea deciziilor zilnice, analiza datelor va fi complet automatizată și contorizarea inteligentă extinsă.

Odată implementate instrumentele corespunzătoare, echipamentele instalate și cunoștințele adecvate, RAJA își va putea îndeplini obiectivele în ceea ce privește reducerea apei nevalorificate și își va putea urma calea către eficiență.

Calea spre eficiență va fi avea o strategie bine pusă la punct, cu obiective clare și în care investițiile sunt prioritizate în timp util și sunt planificate deciziile operaționale. Colaborarea RAJA/AGS va contribui foarte mult la reducerea apei nevalorificate, precum și la optimizarea serviciilor de apă. Prin urmare, PBSC pentru municipiul Constanța are scopul de a fi un exemplu pentru toate celelalte utilități de apă care aspiră la eficiență în reducerea pierderilor de apă.

## **Mulțumiri**

Autorii doresc să recunoască comentariilor prețioase ale dlui Alexandru Aldea și dnei Victoria Goldenberg Vaida, membri ai echipei de proiect.

## **Referințe**

- [1] H. Alegre, W. Hirner, J. M. Baptista și R. Parena, 2004, "Performance Indicators for Water Supply Services," *Ghid Tehnic nr. 1. Autoritatea Portugheză de Reglementare a Serviciilor de Apă și Deșeuri și Laboratorul Național pentru Inginerie Civilă*
- [2] J. Cassidy, B. Barbosa, M. Damião, P. Ramalho, A. Ganhão, A. R. Santos și J. Feliciano, 2021, "Taking Water Efficiency to the Next Level: Digital Tools to Reduce Non-Revenue Water," *Hydroinformatics*, 23, pp. 453-465
- [3] F. Arregui, E. Cabrera Jr. și R. Cobacho, 2006, "Integrated Water Meter Management", Londra, Regatul Unit: IWA

Gestionarea infrastructurii de apă și canalizare în contextul diminuării și epuizării resurselor  
27-28.10. 2022, București

Conferința Tehnico-Stiințifică



## Considerations regarding water losses to the consumer connection at the distribution network

Mihail Luca\*, Alexandru Lucian Luca\*\* and Petru Daniel Brănianu \*\*\*

\* Prof. Ph.D. Eng., Dept. of Hydroamelioration and Environ. Prot., Technical University “Gheorghe Asachi” of Iasi, Romania (corresponding author mluca2015@yahoo.com)

\*\* Ph.D. Eng., Polias-Instal Company, 5A, Basarabi str. Iași, Romania, (lucian.luca2015@gmail.com)

\*\*\* Stud. Ph.D. Eng. Doctoral School, Faculty of Hydrotechnics, Geodesy and Environmental Engineering, Technical University “Gheorghe Asachi” of Iasi, 67 D. Mangeron str., Iasi, Romania (danielbranianu@gmail.com)

**Summary:** Water losses from water supply systems represent a global problem due to the magnitude of the recorded values. Depending on the degree of development of each community, their value can be from 5-10% to 75-80% of the volume of water introduced into the system. The amount of water losses is influenced especially by the structural state of the water supply system, but also by the management of the water operator to limit this phenomenon. Water losses occur in all components of the water supply system (intake, reservoirs, distribution network, pumping stations and so on). A special problem is represented by water losses generated in the connection of consumers to the distribution network. The characteristics of branching losses are objective, but also subjective, with influence on their value. The total value of branch water losses is important considering the large number of branches existing within an urban pipe network. The studies and research carried out have indicated a number of factors that influence the value of these losses. They can be mentioned in this case; the structure of the hydraulic installation, the materials and technologies used, the variation of the supply pressure, the technical characteristics of the flow meter, the conditions of installation and operation, the large variation of the way of assembly of the components of the hydraulic installation, the resistance of the consumer to correctly manage the measurement process, etc. The rehabilitation and modernization of consumer connections can reduce water losses by up to 40-60%.

**Keywords:**

branch chambers, errors, flowmeters, metering, methodology, typical installations

### 1. Introduction

The continuous concern of international and national organizations, such as IWA (International Water Association) and ARA (Romanian Water Association), the regulations at the governmental level and the actions to educate the population undertaken by the water-canal agencies show the extent of the "water loss" phenomenon [1]. Solving this problem involves rehabilitation, re-engineering and modernization measures, efficient metering of water volumes at the level of all components of the water supply system, real-time data transmission through SCADA, the creation of hydraulic models of

the systems and the use of loss detection equipment [ 3], [4], [13], [14], [16].

The United Nations (UN) shows that a person needs about 110 l/day to cover the daily water needs for consumption and hygiene. This consumption varies greatly from economically developed states (575 l/day, person in the USA), to those with medium development (200 l/day, person, in Brazil), to less developed states (15 l/day, person in Ethiopia) [5].

Water losses from water supply systems represent a global problem due to the magnitude of the recorded values. Depending on the degree of development of each community, their value can be from 5-10% to 75-80% of the volume of water introduced into the system. The amount of water losses is influenced especially by the structural state of the water supply system, but also by the management of the water operator to limit this phenomenon. Water losses occur in all components of the water supply system (intake, reservoirs, distribution network, pumping stations, etc.) [5].

Water losses at branches have an important influence in the water balance, although their value is small compared to the losses produced by breakdowns. But these losses are present on the toast during the exploitation period and have the character of hidden and fund losses. Studies and research worldwide have shown that the maximum value of water losses is 0.07 m<sup>3</sup>/h, branch. The data show the contrast between developed countries, where losses are at 0.5 m<sup>3</sup>/h, km and underdeveloped or developing countries, for which water losses can reach up to 4.0 m<sup>3</sup>/h, km [5]. The lack of adequate remedial and maintenance measures for the pipeline network leads to its degradation over time and shortening its life span. The studies carried out show how the lifetime of a pipeline photographed in 1920 is reduced by up to 5 years after 75 years of operation in which only the damages detectable on the surface were repaired. In this case, the undetected faults led to the increase of the supply pressure of the system network [5].

Exact knowledge of consumption is the solution to introduce modern water meters, which have the possibility of real-time metering of the volume of water taken [12]. At the same time, the measurement value is quickly transmitted to the operator for recording. The user can read the volume consumed directly on the smartphone by using a specialized application.

The reduction of water losses has become a priority direction of action in the management of water-channel companies at the national and global level. Water losses are present from the design phase of the water supply system and are generated by the solutions adopted in the design, the materials selected for the system components and the technologies used in the execution. Water losses are reduced, but can also be amplified by the type of management of the canal water operator. Limiting water losses contributes to the effective utilization of drinking water sources, their protection, as well as the surrounding environment [2], [7].

The purpose of the paper is to present a series of results of studies and researches regarding the initiation and evolution of water losses at the consumer connection to the distribution network.

## **2. Elements of analysis regarding water losses at joints**

In Romania in 2019, 13,728,144 people were supplied with drinking water, a situation that represented a degree of coverage of 70.9% of the resident population. The number of branches in 2019 was 2,476,521 of which 2,422,048 were metered (a metering percentage of 94.50%) [1]. Branch metering must be stepped up to reduce water losses through real-time control of distributed water volumes.

The management of water supply systems faces the major problem of water losses from pipeline networks (intake, transport and distribution) [11]. The very high values, at which they are located, rising up to 60% of the value of the volumes of water introduced into the networks, require urgent measures to contribute to their reduction. The percentage of water losses that do not bring income is variable in Romania, with an average value of 48.3%, with minimum values of 22% and maximum values of 68% [1], [5]. Worldwide, the percentage of non-revenue water varies between minimum values of 7.8% in the USA and 11% in Australia and maximum values in Albania, where they reach 68% [5].

Important water losses occur through the connection to the consumer, namely the connection pipe, the hydraulic installation in the connection chamber and the connection to the internal installation of the water-fed objective. The large number of connections to the distribution network in a locality can cause significant water losses in the event of degradation over time of the piping, fittings, joints and related construction. The activity of designing and executing the connections to the distribution network must be

carried out in accordance with all the factors with the potential to degrade them. The most frequent factors that lead to branching damage are chemical corrosion of the ground, variable temperature in the ground, seismic action, traffic loads and physical action of the ground (thrusts, displacements, suffusion) and interventions in the ground.

Water losses in the components of the branch are generally detected only after a certain period of time, when there is a greater increase in the bill for the consumed water. At the same time, a series of degradations of the branching and structural elements of the building can be noted.

A series of studies and research carried out worldwide have shown that the maximum value of water losses can be admitted of 0.07 m<sup>3</sup>/h per branch. The data show the contrast between economically developed countries, where losses are at 0.50 m<sup>3</sup>/h,km, and underdeveloped or developing countries, where water losses can reach up to 4 m<sup>3</sup>/h,km [5]. The lack of adequate remedial and maintenance measures of the pipeline network leads to its degradation over time and to the shortening of the operating life of the components.

Water losses at branches are of the visible, hidden and background types. In the area of the chamber with the water meter and on the pipe connecting to the consumer, it can be assumed that the water losses are of the hidden and bottom type, considering that the pressure is lower. The research carried out by [8] highlights a series of water loss values at the connections depending on the supply pressure (Table 1).

**Table 1.** Evaluation of systems based on the ILI indicator [8]

Technical performance category		ILI	liters/connection/day for an average pressure of:				
			10 m	20 m	30 m	40 m	50 m
Developed countries	A	1 – 2		< 50	< 75	< 100	< 125
	B	2 – 4		50 – 100	75 – 150	100 – 200	125 – 250
	C	4 – 8		100 – 200	150 – 300	200 – 400	250 – 500
	D	> 8		> 200	> 300	> 400	> 500
Developing States	A	1 – 4	< 50	< 100	< 150	< 200	< 250
	B	4 – 8	50 – 100	100 – 200	150 – 300	200 – 400	250 – 500
	C	8 – 16	100 – 200	200 – 400	300 – 600	400 – 800	500 – 1000
	D	> 16	> 200	> 400	> 600	> 800	> 1000

The performance categories in which the water supply systems fit mentioned in table 1 have the meaning [8]:

- category A represents the systems where the further reduction of water losses is not considered economical;
- category B represents the systems that can be improved through pressure management, control and management of pipe losses;
- category C represents systems with poor water loss control management;
- category D represents inefficient water loss control systems; this situation requires a set of urgent measures to control and limit water losses.

International Water Association (IWA) regulations provide a series of standard values for unavoidable annual water losses (UARL) along the branch route (Table 2) [5].

**Table 2.** Standard specific values\* for the calculation of unavoidable annual losses (UARL):

Infrastructure component	U.M.	WL1	WL2	WL3	Total UARL
Pipes	l/km/day/m pressure	9,60	5,80	2,60	18,0
Branch 1	l/branch/day/m pressure	0,60	0,04	0,016	0,80
Branch 2	l/branch/day/m pressure	16,0	1,90	7,10	25,0

\* For the average service pressure 50 wcm; Branch 1 - connections up to the concession valve; Branch 2 - branching to the water meter; WL1 - fund losses; WL2 - reported losses and damages; WL3 - leaks and unreported damage

Technical performance indicators in loss assessment are the current annual real losses (CARL), the unavoidable annual losses (UARL) and the infrastructure loss index (ILI) as the ratio of the two primes and the pressure management index (PMI) [8]. The evaluation of the systems based on the ILI indicator can be done by using the matrix presented in Table 1 [5].

The factors that initiate and maintain the water losses at the branches are objective, but also subjective, a fact that influences the value of the volume of water lost. The total amount of water losses at the connection becomes important in the pipe networks located within the localities, where a complex of factors intervene, some of which are permanent, and others are variable over time. The studies and research carried out [5], [6] indicated a number of natural and anthropogenic factors that influence the value of water losses at branches. They can be mentioned in this case;

- exceeding the service life of the structural components of the branch and increasing the degree of their degradation;
- the structure of the hydraulic installation by the way of connection to the distribution pipe and the type of joints used;
- the materials and technologies used to make the branch pipe, the hydraulic installation in the meter assembly chamber;
- the value and variation of the supply pressure in the branch pipe and in the consumer's installation;
- the technical characteristics of the flow meter correlated with the water requirement of the consumer;
- the conditions of operation, maintenance, repair and metrological verification of the water meter; the researches carried out indicated a rapid degradation of the measuring device at volumetric water meters, a situation in which the errors are 3-4 times higher than normal ones;
- the structural state over time of the construction of the meter home, the mode of maintenance, repair and rehabilitation at intervals;
- the quality of the professional training of the maintenance and intervention team for the construction and hydraulic installation of the branch, etc.

Through the research carried out, a large variation was highlighted in the solutions for making the branch pipe to the water meter housing (connection, joints and materials). The same variety was noted in the realization of the hydraulic installation in the dormitories where the meter is located. One reason for the diversity of the construction and installation structures of the branch is determined by its realization in various periods of time, in which the technique has evolved in terms of materials, technologies and equipment. Many times, the water operator fails to reach the level of the current technique due to objective reasons imposed by the operating regulations (e.g. constructive structures and equipment do not have an expired operating period to be replaced), but also due to subjective reasons.

The research conducted also highlighted diverse meter reading technology [5], [10]:

- direct reading by the consumer of the volume of water and transmission of the data to the operator;
- direct reading by the operator of water consumption and its recording;
- the recording of water meter data electronically by the consumer / operator with radio transmission to the dispatcher and their storage in an operator database.

Equipping with counters in the next stage must be directed to those equipped with a radio module. The module allows the signalling of possible interventions on the meter, due to the presence of an electronic seal. Thus, the meter detects unauthorized access, identifies the situations that have arisen and transmits the data in real time to the operator [12].

One of the subjective causes of the existence of water losses is represented by the resistance of the consumer to correctly manage the process of measurement, transmission of data and payment of recorded consumption. This aspect needs to be better regulated by law.

An anthropogenic factor increasing the volume of physically lost water, although not billed, is represented by illegal connections to water transport and distribution networks. This situation is recorded both in the rural and urban areas of Romania. The presence of illegal connections is determined by the sometimes ineffective control of the operator, the absence of comparative measurements over time periods, the use of modern means of detecting fraudulent consumption,

etc. A proof of this is the visible presence of illegal branches, even on main and supply pipes (Figure. 1.a). Illegal connections are made on unprotected pipes, under-crossing (Figure. 1.b) and over-crossing pipes, and some are also protected against the action of the cold (Figure. 2.a).



**Figure. 1.** Branșamente ilegale la rețeaua de distribuție pentru apă: a – branșamente montate în serie pe conducta principală; b – branșamete pe conducta de subtraversare a unui curs de apă.

Illegal buried connections and water losses produced by them (Figure. 2.b) can be detected with specialized detection equipment for underground land investigation [4], [5]. Excavation of the land in the branch location area can also be used.



**Figure. 2.** Illegal connections on the water supply pipe; a – branching on the underpass pipeline of a river; b - connection on the pipe before the meter.

In developing countries, such as Brazil, water companies do not yet have systems that show real-time consumption variations; the standard is only one measurement at the end of the month in each residence. Real-time water monitoring systems encourage conscious water use by the user, in addition to being able to identify leaks [5]. Thus, it becomes very important to monitor consumption by metering in various sections of the system, including branches. Monitoring ensures the possibility of diagnosing possible leaks in the city's water network and highlights negative situations when some consumption present certain discrepancies in relation to normality. The purpose of water loss monitoring is not only to ensure a saving in the water bill at the end of the month, but to provide a contribution to the sustainable development of the water supply system.

In a series of articles, the degree of automation in the water supply of localities was analyzed, with the presentation of some future technologies related to water distribution, and the use of sensors for their monitoring [12] [7]. However, the automation process presents a number of characteristics that must be taken into account, such as uncertainty, feedback and the technical complexity of the process.

These features must be monitored by a human because in the event of a possible malfunction or failure to consider a real factor that the computer cannot identify or predict, unrealistic results may be generated.

An effective method of reducing water losses in the distribution network is represented by effective pressure management. Pressure management has a number of approaches on a national [11] but also international level [13], [15], being called the "preventive method par excellence" in water loss management. Modern management of excess pressures and overpressures in the pipe network of water supply systems can form and evolve water losses [9].

The rehabilitation and modernization of consumer connections can reduce water losses by up to 40-60%. This action is started in Romania by the regional water operators, a situation with which illegal connections and areas with significant water losses are detected [1], [5].

Underestimation of metered water consumption is another cause of water losses. Just as the age of the pipes plays a major role in the occurrence of losses, so the age of the meters produces effects with a major impact in the management of water losses. Metering errors can cause financial losses to the water operator.

### 3. Trends in the modernization of consumer connections

Branches are differentiated in Romania, in general, by consumer categories: population (housing, apartment block), companies, industrial units, social units (schools, hospitals, administration, etc.). Depending on the water consumption, the diameters at the connection and the metering equipment were differentiated. In general, a connection diameter of Dn 1/2" – 3/4" is accepted for an individual home (a family), for an apartment block Dn 25 – 75 mm, for public institutions Dn 25 – 75 mm and for economic agents, in depending on the level of consumption Dn 25 – 150 mm. The number of branches to important social objectives and industrial objectives are doubled and even tripled.

For an effective water loss management, the following modernization trends should be analyzed;

A – Typing of branch pipes according to diameter, with the adoption of the same type of connection to the distribution pipe. For the connection to the distribution pipe, currently, the "saddle piece" is mainly used, which has the advantage of being executed directly on the pipe without stopping the water flow. The typification of materials, diameters, fittings and adjustment and control fittings has the advantage of a unique assembly and work technology, with timely provision of replacement materials. The connection must be made perpendicular to the front of the feed objective in order to reduce the transport length and limit water losses.

B – Typing of the chamber by meter and branch diameter, execution material, geotechnical characteristics of the land, actions taken from and from the land surface, etc.

C – Typing of meters by accuracy classes, dimensions correlated with the constructive layout of the chamber, way of taking and transmitting readings, way of mounting, categories of interventions and required materials and equipment for maintenance. Use of meters with protection against illegal interventions.

D – Typing of the connecting pipe to the supplied objective in order to reduce water losses through the materials used (tubing, fittings, valves, protections and so on).

E – Ensuring unique design and execution standards through the use of materials and technologies that limit water losses to a minimum.

The main characteristics of a meter or water meter required for choosing and installing them are: nominal diameter Dn (mm), nominal flow rate Qn (m<sup>3</sup>/h), nominal pressure drop Pn (bar or mmH<sub>2</sub>O), maximum Q<sub>max</sub>, minimum Q<sub>min</sub> and transient flows Q<sub>t</sub> (m<sup>3</sup>/h), the pressure loss when the water passes through the meter (bar or mmH<sub>2</sub>O), the maximum allowed error between Q<sub>min</sub> and Q<sub>t</sub> respectively, between Q<sub>t</sub> and Q<sub>max</sub> and the difference in water temperature and water purity.

Cold water meters currently used are divided into three accuracy categories based on the ability to read the minimum transit flow (Q<sub>min,t</sub>). In accordance with CEE 75/33, the classification for DN 15 water meters, generally used in individual homes, is as follows:

- Class A meter, which measures starting with Q<sub>min,t</sub> = 60 l/h;
- Class B meter, which measures starting with Q<sub>min,t</sub> = 30 l/h;
- Class C meter, which measures from Q<sub>min,t</sub> = 15 l/h.

Informative values of the minimum ( $Q_{\min}$ ), transient ( $Q_t$ ) and maximum ( $Q_{\max}$ ) flow rates for the meters indicated to be installed in individual homes and those with an average number of apartments are presented in table 3.

**Table 3.** Indicative values for meter flow

NO.crt.	Meter diameter	$Q_{\min}$ , (l/h)	$Q_t$ , (l/h)	$Q_{\max}$ , (m <sup>3</sup> /h)
1	Dn 15 mm	15.0	22.5	3.0
2	Dn 20 mm	25.0	37.5	5.0
3	Dn 25 mm	35.0	52.5	7.0
4	Dn 32 mm	60.0	90.0	12.0

The minimum starting flow for meters in the same accuracy class varies depending on the nominal flow. The choice of the meter must be made by a specialist to exclude errors that may occur during operation. For example, it is an error to choose a water meter Dn 32 mm for connections with a diameter of Dn 32 mm. The choice of meter type is made by relating the branch flow (determined according to STAS 1478) to the flow difference of the selected water meter. Also, the probability of reaching extreme flows will be taken into account depending on the consumer profile (housing, apartment building, social buildings, office buildings, production premises and so on) and the pressure drop.

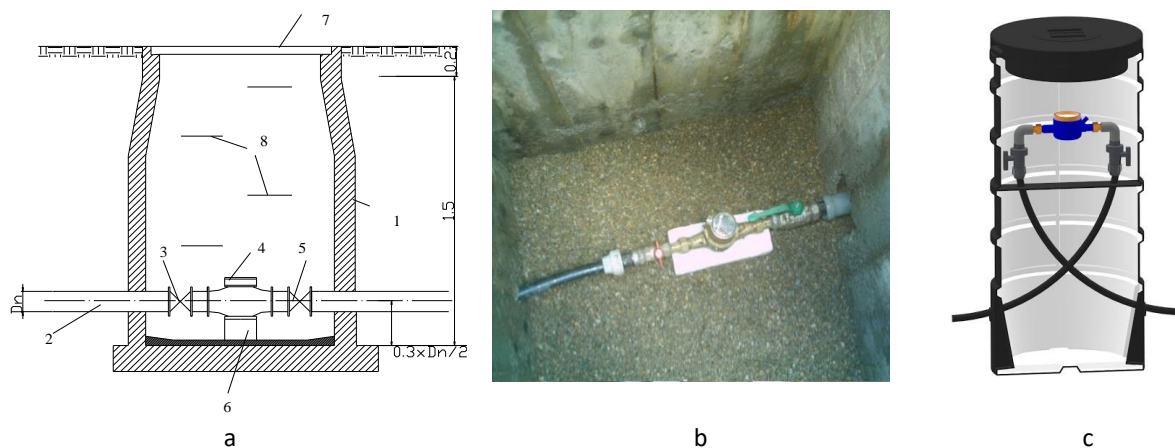
The meter manufacturer guarantees the accuracy class provided that the mounting position indicated in the technical documentation is respected. This indicates for a meter correct operation in the indicated accuracy class only in the situation of perfectly horizontal mounting and with the dial facing up. Any alteration of the mounting position leads to the deterioration of the accuracy class.

Ensuring the correct reading conditions requires the technological realization of the pipe sections upstream and downstream of the meter in order to obtain a stable speed distribution. Failure to comply with this condition will introduce measurement errors depending on the flow parameters and the hydraulic characteristic of the meter.

Although the mounting types presented in the documentation of the meter manufacturing companies are relatively correct from a technical point of view, it is recommended to standardize one of them at the level of the entire distribution system (Figure. 3.b and Figure. 3.c). Some characteristics, such as the length of the upstream section of the pipeline, can lead to small reading variations between the two types of installation presented previously. However, the schemes presented in some technical documentation are not correct from the point of view of operation and exclusion of malfunctions. In these schemes, the drain valve does not appear in the hydraulic installation in the chamber meter, the mounting distances are not respected, and the high location of the meter (Figure. 3.c) allows the formation of air pockets. The drain valve ensures the evacuation of water in the event of a breakdown in the internal installation of the building and protects the construction and goods in case of flooding.

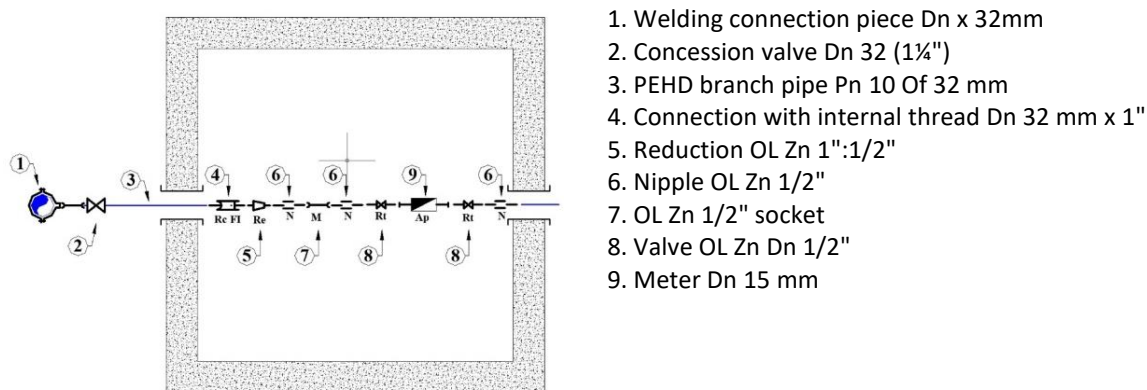
Water distribution companies must fully ensure the correct design of the connections in order to ensure a high reliability of the construction and hydraulic installation. At the same time, the types of branches are ensured by diameters and type of consumers.

An important problem is the metrological verification of the water meters at intervals of time (2-5 years) considering the phenomena of degradation of the structural components, a situation that induces large errors in the measurement, but also the appearance of unbilled water consumption.



**Figure 3.** Schematic of the structuring of the hydraulic installation in the metering chamber: a – the classic mounting solution; b – solution used extensively in the current assembly; c – solution proposed by meter manufacturers.

The hydraulic installation in the metering chamber must be made with removable components and have high mechanical resistance to avoid accidental or intentional damage. The use of materials resistant to pressure and protected against chemical corrosion (for example: galvanized steel pipe) leads to an increase in the service life. An example of mounting for a meter type Dn 15 mm on a branch pipe is shown in figure 4.



**Figure 4.** Schematic of the realization of the hydraulic installation for a metering chamber (meter Dn 15, branch pipe PEHD De 32 mm)

An analysis carried out within the water supply system of the city of Iasi highlights the weight of the connections for the population with individual housing compared to the number of other consumers. Thus, the individual residential connections of the population hold a percentage of 89.30% of the total. Economic agents hold 7.10%, and institutions 3.60% of the total [17].

An important problem in the analysis of consumption in small rural water supply systems is represented by the wide range of values in which water losses fall. In the Performance Report of the Apavital Company for the year 2016 [17], it indicates a percentage of physical water losses in the range of 0.10% - 71.17% for the entire regional operating area. The average percentage of water losses in the city of Iasi was 30.93%. The high percentage of water losses in rural areas has a number of causes, which belong to the design - execution - exploitation process. The level of professional training of the design and execution companies, but also of the operating ones, leave their mark on the way the water supply system is made. The use of low-performance materials procured at "lowest price" and the use of low-level technologies contribute to the initiation and maintenance of water losses.

Adopting programs to remediate and modernize the metering process can contribute to an important reduction of water losses in the operating area. The action to rehabilitate the water supply system of the city of Harlau carried out by Apavital Company Iasi started with the distribution network. Next, the method of measuring the volume of water distributed to consumers was modernized and

standardized. The effect of this modernization program has been observed since 2017, when the volume of water introduced into the system decreased by about 400,000 m<sup>3</sup> (in 2014, a volume of about 1,350,000 m<sup>3</sup> was taken into the system). At the same time, the number of consumers increased in the post-modernization period [18].

In 2020, the minimum value of NRW (non-revenue water) for the study period was reached at 337,965 m<sup>3</sup> at a total flow provided in the system of 909,209 m<sup>3</sup>. The modernization of water consumption monitoring was achieved by using meters with precision class "C" and sizing them according to the consumption data specific to each consumer [17]. All this allowed obtaining real data usable by the operator in the analysis of water losses. As a first conclusion, it can be admitted that the most important step in reducing NRW values is the implementation of a metering strategy for the water supply system, paying more attention to the metering of branches with the best performing equipment.

#### 4. Conclusions

1. Water losses are present from the design and execution phase in all structural components of water supply systems (intake, distribution network, connections, tanks, pumping station, etc.), and their value must be limited in order not to influence the price of cost per unit of distributed product.

2. Water losses at the connections must be limited by the typification of the constructions and installations that structure the connection to the consumer for the purpose of optimal management of metering, control, maintenance and current repairs.

3. In order to obtain volumes of water read with minimal and comparable errors, it is recommended to standardize a single type of meter assembly, as a chamber structure and hydraulic installation, throughout the sector or water supply system.

4. Water losses must be limited by rehabilitating and modernizing old branches, or ones with an expired operating period, with the use of modern metering equipment and monitoring technologies.

5. Limiting water losses contributes to an efficient management of the supply system, reduces the cost price of water and protects the current sources of drinking water by reducing the volumes of water taken and used.

#### References

- [1] ARA, Raport privind starea serviciilor de alimentare cu apă și de canalizare - epurare în anul 2017. 2018
- [2] Bica, I., Protecția mediului. Politici și instrumente, Editura H\*G\*A\*, București, 2002.
- [3] Boulos P.F., Aboujaoude A.S., (2011). Managing leaks using flow step testing, network modeling, and field *measurement*, Journal AWWA, Vol. 103, No. 2, pp. 90-97.
- [4] Brennan, M., Joseph, P., Muggleton, J., Gao, Y., *The use of acoustic methods to detect water leaks in buried water pipes*. Water and Sewerage Journal, 1, pp. 11–14, 2006.
- [5] Chirica St., *Contribuții la cercetarea fenomenului "pierderi de apă" din rețelele hidroedilitare. Teză de doctorat*. Universitatea tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași, 2019.
- [6] Chirica Șt., Luca M.,. *Studies and research on pipe networks water losses*. The Annals of “Dunarea de Jos” University of Galati, Fascicle IX Metallurgy and Materials Science, nr. 3, Edit. Galați University Press, pg. 11 – 17, 2017. ISSN 1453-083X.
- [7] Chirica Șt., Luca M., Lateș I. *Considerations on the monitoring of main water pipelines for the purpose of limiting water loss*, ROMAQUA an XXIV nr.7/2018, Vol. 129, pg. 30-39, 2018. ISSN 1453-6986.
- [8] Lambert A.O., Brown T.G., Takizawa M. and Weimer D., (1999). *A Review of Performance Indicators for Real Losses from Water Supply Systems*. Journal of Water Supply: Research and Technology – Aqua 48, pp. 227-237.
- [9] Lambert A. O., Thornton J., (2006). *Managing pressures to reduce new breaks*. Water Supply Network, 21, pp. 24-26.
- [10] Liemberger R., McKenzie R., (2005). *Accuracy Limitations of the ILI: Is It an Appropriate Indicator for Developing Countries?*. Conference Proceedings, IWA "Leakage 2005" Conference in Halifax, Nova Scotia, Canada.
- [11] Luca M., Alexandrescu S. A., (2010). *Modern techniques for measuring the flow rate through water conveyance pipes*. Bulet. Instit. Politehnic din Iași, Secțiunea Hidrotehnică, Tom LVI (LX),

Fasc. 4, pp. 31-38, ISSN: 1224-3892.

- [12] Mănescu, AL., [2010], *Managementul pierderilor de apă din sistemele de alimentare cu apă a localităților*, Rev. Hidrotehnica, vol. 55, nr. 4-5, București, p. 33-40.
- [13] Rizzo E.B., Cousin F.A., Lucca R.M., Lautenschlager S.R. *Autonomous metering system for monitoring water consumption*. Water Infrastructure, Ecosystems and Society Vol 70 No 6, 797 2021. doi: 10.2166/aqua.2021.049
- [14] Thornton, J., Lambert, A.O. *Progress in practical prediction of pressure: leakage, pressure: burst frequency and pressure: consumption relationships*. Proceedings of the IWA Specialised Conference "Leakage 2005", Halifax, Nova Scotia, Canada, 2005.
- [15] Thornton J., Sturm R., Kunkel G. *Water loss control*. The McGraw-Hill Companies Publishing, USA, 2008.
- [16] Walski T., Bazts W., Posluszny E.T., Weir M., Whitman B.E. *Modeling leakage reduction through pressure control*. American Water Works Association. Vol 98, no. 4, pp. 147–155, 2006.
- [17] \*\*\* *Manualul național al operatorilor de apă și canal*, 2008
- [18] \*\*\* S.C. APAVITAL S.A., (2018). *Raport etnic*
- [19] \*\*\* S.C. APAVITAL S.A., (2019). *Raport tehnic*

Gestionarea infrastructurii de apă și canalizare în contextul diminuării și epuizării resurselor  
27-28.10. 2022, București

Conferința Tehnico-Stiințifică



## Satellite-based leak detection and cost benefit

Boukai, Alan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ASTERRA Corporate, Atir Yeda St. 1, O-Tech Building 2, 5th floor, Kfar Saba, 4464301, Israel

\* Autor pentru corespondență: [alan.boukai@asterra.io](mailto:alan.boukai@asterra.io)

**Abstract:** ASTERRA’s (formerly Utilis) Recover product, utilizes specialized radar signals taken from a satellite to scan the area of interest and collect the resulting reflected signals. These signals are analysed and processed to identify specific indicators of wet soil saturated with potable water, screening out the signal noise and other interferences. The result is a map showing likely leak locations (LLs). The Recover analysis typically highlights 5-10% of the entire system length, and only these locations where there is expected to be a leak are inspected by field leak detection teams. Thus, the time and resource cost of leak detection is much lower than traditional leak detection approaches.

For many years, background leakage has been an unseen problem costing money and wasting resource. Acquiring, treating and transporting water uses significant amounts of energy. The water lost through leakages has been sourced, treated and pumped at least once to get into our supply systems thereby increasing carbon emissions via its electricity drain and also threatening water security.

Many water companies operate to an economic level of leakage which simply put means, if it costs more to fix it than it costs to waste it, then the leakage is an acceptable loss. L-Band SAR technology by Utilis makes it easier to locate leaks and helps to shift the dial on this economic argument benefiting companies bottom line and the environment.

ASTERRA’s (formerly Utilis) Recover product, utilizes specialized radar signals taken from a satellite to scan the area of interest and collect the resulting reflected signals. These signals are analysed and processed to identify specific indicators of wet soil saturated with potable water, screening out the signal noise and other interferences. The result is a map showing likely leak locations (LLs). The Recover analysis typically highlights 5-10% of the entire system length, and only these locations where there is expected to be a leak are inspected by field leak detection teams. Thus, the time and resource cost of leak detection is much lower than traditional leak detection approaches.

Additionally, ASTERRA has a solution to help monitor and assess underground pipes called MasterPlan. Using their Utilis technology, MasterPlan helps evaluate water systems for pipe replacement or multi-year planning activities. MasterPlan is a GIS dataset containing pipe deficiency levels derived from SAR data. This product is based on the proven ASTERRA Recover algorithm that is used to detect system leaks but is extended to monitor the system over time using statistical analyses. The general process takes all points identified in multiple satellite passes over an area of interest and analyzes the results. It identifies repeat and clustering of observed leaks within the images along with other factors. These results processed through a learned statistical algorithm and used to assign pipes a score from 1 to 5, signifying the level of deficiency observed.

Satellite leak detection is key to meeting the UN Sustainable Development Goals. Since its launch in 2016, ASTERRA’s technology has been used to find more than 62,000 leaks, saving over 9,200 million gallons of drinkable water and 21,800 MWH of energy each year — directly contributing to Sustainable Development Goal 6: Clean Water and Sanitation, 9: Infrastructure, and 13: Climate.


## ASTERRA

IMPACT SINCE 2017

OVER **650 PROJECTS**  
COMPLETED IN  
**64 COUNTRIES**



CARBON DIOXIDE EMISSIONS REDUCED  
BY **134,930 METRIC TONS**

equivalent to 91M  
pounds of coal burned 

More  
than   
**57,200**  
LEAKS VERIFIED

**527,070 MWH**  
of ENERGY  
SAVED 



**3.5 LEAKS**  
**FOUND PER**  
**CREW DAY**

VS. 1.3 found using  
traditional acoustic  
methods (on average)

**210,830 M GALLONS**  
(950 million m<sup>3</sup>)  
**WATER SAVED**

(EQUIVALENT TO  
THE AMOUNT USED  
BY A CITY OF 3.7  
MILLION PEOPLE)



Values used for the volume of a leak were taken from AWWA M36 manual for the typical water lost from a service main over 12 months. Values for electricity and CO2 vary based on volume of water estimated and the power usage plus the fuel source. The value used was from California Energy Commission report CEC-500-2021-036 for Duarte, CA USA.

01.2017-06.2022

Figure 1. ASTERRA impact since 2017.

Gestionarea infrastructurii de apă și canalizare în contextul diminuării și epuizării resurselor  
27-28.10. 2022, București

Conferința Tehnico-Stiințifică



## Optimization of the operation of the water supply network with the use of DHI methods and tools

Radu George <sup>1,\*</sup>, Korona Maciej <sup>2,1</sup>, Szuptarski Lukasz <sup>2,2</sup>

<sup>1</sup> Water in cities department, DHI (Danish Hydraulic Institute), Romania

<sup>2</sup> Water in cities department, DHI (Danish Hydraulic Institute), Poland

\* gera@ghigroup.com

**Abstract.** Water supply networks are a critical infrastructure for today's living from all points of view (social, environmental, and industrial) and performance evaluation and optimization of those networks are very complex processes due to the multitude of factors and possible problems that must be taken into consideration (from problematic pressures or water leakages to water hammer events). Hydraulic modelling allows efficient management of the water supply network such as reducing losses, lowering maintenance costs, and increasing the percentage of water delivered for distribution and the simulations outputs can provide information about where are the potential illegal connections and non-functioning or missing water meters, what is the payback period for water losses reduction activities, what level of leakage is economically feasible and others. The implementation of hydraulic modelling supports the optimization of the network, the reduction of operating costs and increase the reliability of the water supply, which can be seen in the presented project that was implemented for the Upper Silesian Water Utility Company.

**Keywords.** hydraulic modelling, leakage, optimization, rehabilitation, water supply networks

### 1. Introduction

With the nowadays development of technology in the hydraulic field, water network operators gained very powerful toolkits that could be used for better understanding the network they are operating and with which they can simulate hypothetical situations in real time generating results through which eventual problems such as water leakages can be detected or through which optimization strategies can be created. With the overtime increase in importance of the water distribution networks, now being a crucial infrastructure for all cities and localities, the implementation of such toolkits that could help with the optimization of the network became necessary.

The most important step of the water distribution network optimization is the evaluation process. By finding out about the status of the network, solutions and strategies can be developed through which the network can be optimized. There are a multitude of factors and problems that must be taken into consideration here. The most common and important problem is water lose, that can come either from burst created by the water hammer effect, from leakages that can appear as fast as the network is put into operation for the first time, coming from poor pipe installation. Energy consumption is another one that can be optimized for lower operating costs. All those problems can

be evaluated with ease and managed, leading to better operating conditions (optimized) with the help of hydraulic modelling.

A hydraulic model is a mathematical model that uses equations to give a simple, yet precise, representation of real life fluid flow systems. The model takes into consideration all the networks' elements and all their characteristics to simulate very close to real life situations, and keeps track of the flow from each pipe, the pressure of each node or the water level of each tank. This is a very important tool for all utility companies because with it they can evaluate and better understand how their network behaves, assessing operational efficiency and designate direction for network optimization, rehabilitation and even extension.

The aim and scope of this paper is to present how modelling solutions and tools can help with water supply network optimization.

## **2. Modelling solutions for optimization**

### **2.1. MIKE+**

MIKE+ an offline flexible software used for modelling and designing water distribution networks, sewerage networks, or rivers networks, at his core having a database used for storing hydraulic modelling data (for example, data about pipes). Water distribution modeling in MIKE+ can be done through its two water distribution modules: WD-Basic and WD-Tools.

WD-Basic is an EPANET engine-based module that allows the user to perform steady state simulations, extended period simulations or water quality simulations, that make possible analyses like the water age one, an analysis of chlorine residuals or a contamination propagation analysis, among others.

WD-Tools is a module developed for more complex and more detailed analyses such as: fire flow, water hammer, pressure dependent demands, cost, and energy consumption analyses, but can also help, for example, to determine the vulnerability of the water distribution network.

MIKE+ can perform a lot of activities that can lead to network optimization.

Pressure management is one of the most important that MIKE+ allows. Managing the pressures can reduce the number of water leakages through stabilization and reduce the discharge of current leaks through pressure reduction. Also, the pressure dependent demands analysis can offer a more in depth look at the networks pressures. Usually, water demands are established before performing a simulation, these being independent of the actual pressures. With the help of the pressure dependent demands analysis that can be done with MIKE+, the Wagner equation used in computation, can be used to modify the node demands based on the available pressure. This is an alternative computational method based on pressure driven analyses, comparing to the traditional approach (this way the node demands are adjusted automatically). With this method, low pressure situations or intermittent water supply can be modelled, helping operators with the pressure management of the network. Also, this analysis can be done to simulate system shutdown or maintenance too, being useful at managing the network in general.

The water hammer analysis is another important one for the water supply networks, simulating unsteady flow in any pressurized systems. This is a cost effective tool with which the network operators can get fast answers to difficult questions about their rapid operating pipe systems, being based on the high-order implicit scheme solving the momentum and continuity equation using the finite difference method. With the water hammer analysis, events like pump start-ups, pump trip-offs or power and equipment failure can also be modelled.

The cost analysis that can be performed in MIKE+ highlights to the operators the energy consumption. The engine with which this analysis is done, combines the hydraulic results of elements such as pumps or turbines and their general parameters to calculate the cost of energy for each pump or turbine, also showing statistical results that the operator can use for costs optimization.

### **2.2. Online Hydraulic Model**

The online model is an internet based version of the hydraulic model for which water levels, water consumptions, pump and valve settings are the same as in the physical system, this being accomplished by developing an automatic data link between the hydraulic model and SCADA (telemetry) database. This online model requires a calibrated operational offline hydraulic model of a water distribution network and, moreover, a connection to the SCADA system through which the user

develops a mapping between the SCADA tag names and the hydraulic elements of the model (so that the modelling engine can deliver correct results comparison).

This type of model can be simulated on intervals set by the users (for example, an interval of 30 minutes), after each simulation a new set of results being generated. These results are empowered by the real time SCADA data, which are for example pumps statuses or water levels in tanks. The results of the model calculations (pressures and flows) can be compared with SCADA measurements to determine locations where some problems may occur (in case of significant difference between calculated and measured values).

The online models' results are presented in the WaterNet Advisor application, which is a web based, robust modelling tool that offers the possibility of loading those types of online results. WaterNet Advisor can show simulation results, but also SCADA data in a historical format, the user being able to select specific points and compare historical calculations with the real measured data. A part of the configuration of the system consists of defining alarms and warnings. If specific limits are exceeded, the application can notify its users about potential problems.

### *2.3. Network Leakage Monitor (NLM)*

Network Leakage Monitor is an online solution supporting tool for monitoring and assessment of the water losses levels of the water distribution network, that takes into consideration the measurement zones. The application is based on a calculation engine used to calculate water losses in individual zones based on 24-hours measuring strings, the resulting water losses being presented in a graphical and tabular form in the user interface.

This application has the task of comprehensive collection of measurement data from the water supply network and their analysis in terms of quantity and economy. Based on this data, the system indicates the location of emerging leaks (the area of the measuring zone), and then provides active support in solving tasks related to the assessment of leaks and making decisions related to their removal.

### *2.4. Network Optimization Planner (NOP)*

Network Optimization Planner is an application that supports the management of network infrastructure and facilitates the development of a pipeline replacement strategy, based, among others, on technical requirements, financial possibilities, and individual needs.

The multi-criteria analysis combines registered network failures, material degradation curves, investment plans and individual network parameters (for example age, function, technical condition) returning as a result, objects that will probably need to be replaced in the given period of the analysis performed.

The results of the analyzes are presented in the form of thematic maps presenting pipes qualified for replacement each year, as well as in the form of accessible tables and graphs. At each stage of the analysis, it is possible to change the technical and cost parameters according to the users needs and preferences. These activities allow for the creation of variants of the procedure, the results of which can be compared with each other to compare and select the most favorable variant.

## **3. Network optimization**

### *3.1. Water loses*

Water loses reduction activities should start with the assessment of a detailed water balance of the operated network so that the total volume of non revenue water (NRW) can be determined. In further steps it is necessary to subtract from it both metered and unmetered (estimated) water volume and further decompose it into volumes of apparent and real losses. The real losses component are losses that come from bursts and background leakages.

Bursts are visible events, typically appearing because of network deterioration/aging, water hammer phenomena, high operational pressure, reactive soil, damages during excavation/roadworks, mining activities and other factors, being quite significant to the volume per occurrence. Bursts can be further divided into reported (typically high flow rates and short duration) and unreported (typically moderate flow rates and longer duration).

Background loses typically occur at joints and fittings. Due to the very low flow rates these are not only usually non-visible, but impossible to detect using noise logging equipment. Because typically,

there are a lot of single background losses points, these can represent a significant fraction of the real losses.

**Table 1.** The IWA standard water balance.

System Input Volume (Produced or Purchased Water)	Authorized Consumption	Billed Authorized Consumption	Billed Metered Consumption	Revenue Water
			Billed Unmetered Consumption	
		Unbilled Authorized Consumption	Unbilled Metered Consumption	Non Revenue Water (NRW)
			Unbilled Unmetered Consumption	
	Water Losses	Apparent Losses	Unauthorized Consumption	
			Customer Meter Inaccuracies and Data Handling Errors	
		Real Losses	Leakage in Transmission and Distribution Mains	
			Storage Leaks and Overflows from Storage Tanks	
Service Connection Leaks up to the Meter				

Every water distribution network has leaks, and to be able to assess fractions resulting from bursts and background losses, it is necessary to conduct a series of night monitoring campaigns on individual DMAs. If there are no DMAs or if only a part of the network is divided into DMAs, it might be necessary to temporarily close some valves during the measurements. Because these are conducted during night hours, usually such changes do not affect a lot of water recipients. Analyses of minimum night flows together with DMA data like network length, number of connections, average pressure, average connection length allow for estimation of leakage in each individual DMA. This information gives an overview and helps with prioritization of interventions and leakage reduction activities.

Minimal night flow (MNF) usually occurs between 00:00 and 04:00. These hours might differ in case of non-typical DMAs. Registered MNF, consists of:

- Leaks (reported and non-reported);
- Background losses;
- Water consumed by inhabitants;
- Water consumed by other customers;
- Specific night consumption.

Constant monitoring and recording of MNF allows for assessment of individual components of night flow and trend of change. Using these values, it is possible to evaluate real losses better than using annual or monthly balances. When calculating components on MNF, two facts are assumed:

- Minimal night demand for inhabitants and other customers does not depend on network pressure;
- Water losses depend on pressure.

Depending on the applied methodology and region, water consumed by inhabitants can be assessed using vales of 1.7 l/household/h or 0.6 l/inhabitant/h.

Standard deviation (error made for such approximation) is specified as following:

$$3,8 * \sqrt{Nd} \text{ [l/h]} \quad (1)$$

or

$$2,4 * \sqrt{n} \text{ [l/h]} \quad (2)$$

where: Nd – number of households;  
N – number of inhabitants.

For water consumed by other customers it is more difficult to assess minimal consumption. It basically depends on the type of activity and size. Although every consumer is equipped with water meters, it would be difficult to collect all the data during night flow measurement. Quite often it is assumed that for other type of customer a figure of 8 l/h is taken.

Standard deviation for such approximation is calculated as following:

$$11 * \sqrt{Np} \quad (3)$$

where: Np – Number of other customers.

There are other more detailed methods for assessment the consumption, but it requires additional data about the type of activity of each customer and information of percentage of active ones.

For background losses can be assumed as following:

- 40 l/km/h for distribution and transmission mains;
- 4 l/connection/h.

The above can be assumed for the average operational pressure of 5 atm and for the average parameter of network condition. In case of bad or good network condition, it is necessary to add or subtract 50% to/from the above figures. In case of different average operational pressures, it is necessary to introduce a correction factor, which strongly depends on the network materials, since different materials react in a different way to pressure changes in terms of water losses.

In case of specific, non-regular night consumption, the best way to measure them is to permanently meter them with devices connected to the SCADA system, or at least develop profiles of consumption based on historical measurements.

Once every component is assessed, a leakage resulting from bursts and failures can be assumed. For every network it is recommended to estimate some technical indicators that can be used for network benchmarking. Any given network is experiencing leakages that are extremely hard to identify, especially with volume lesser than 0,5 m<sup>3</sup>/h. Because of technological and economical barrier (cost of detection highly overcomes potential savings) it was decided to define a certain level of leakage where further reduction is well maintained, named unavoidable annual real loses (UARL). There are usually 3 components that affect UARL:

- Transmission and mains (without connections);
- Connections (from distribution main to street edge);
- Connections (from street edge to water meter).

UARL for the above elements is always considered as a sum of background losses and reported and unreported leakages.

The daily value of the UARL can be determined as follows:

$$UARL = (18 * A + 0,8 * B + 25 C) * P \quad (4)$$

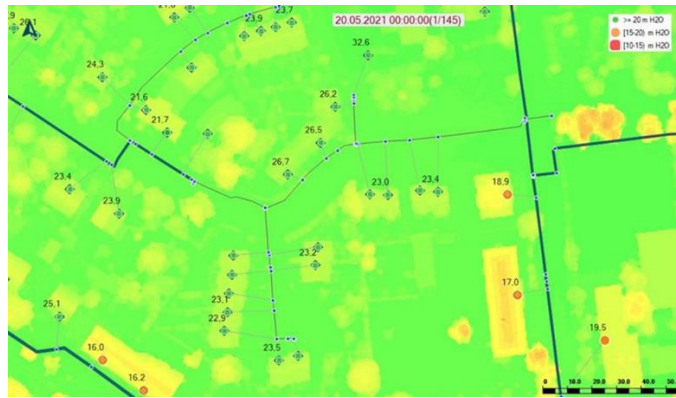
where: UARL – unavoidable annual real losses in l/day;  
A – length of distribution and mains in km;  
B – number of connections;  
C – length of connections from street edge to water meter in km;  
P – average operational pressure in DMA.

Amount of UARL per connection is calculated as following:

$$UARL_c = \frac{UARL}{n} \quad (5)$$

where: UARL – unavoidable losses in l/d;  
N – number of connections.

There are several measures that can be taken to decrease leakages in a water distribution network. First and the most obvious it to fix every reported burst and leakage. There is no point in any leakage reduction activity if existing and know failures are not being fixed. Another way of reducing leakage is active pressure management. Leakage flow rate is dependent on pipe pressure, thus lowering the pressure leads to decrease the water that is being lost. This is by far cheaper way of decreasing losses than any kind of rehabilitation. But the question is how much you can lower the pressure. This is the moment where modelling software can address this problem. Using hydraulic simulations, critical points can be designated for each pressure zone. By modifying control rules of pumps or PRVs at inlet to the zone, different pressures range can be observed at critical points. Of course, it is necessary to assume some reserve so that the water can reach the floors of buildings, but this task can also be automated using MIKE+ and a digital elevation model.



**Figure 1.** MIKE+ hydraulic simulation results.

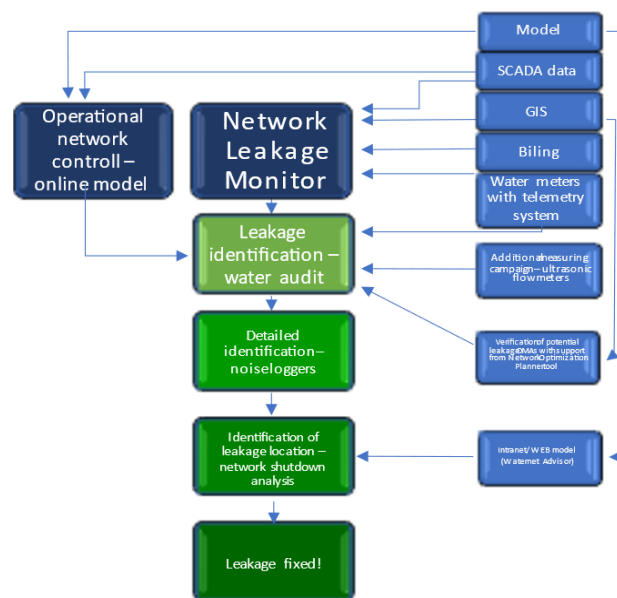
As a result, there can be one constant pressure value for pumping stations or PRVs, or there can be two values for day and night, or a generated hourly pressure setpoint timeseries. It is more complicated if the pressure zone is provided with water from two or more sources, however this scenario can also be managed. One benefit of reducing the pressure is the decrease of lost water volume, but also by equalizing the pressure the risk of future failures due to pressure fluctuations decreases. In cases where the pressure from the pressure zone is maintained by a pumping station, yet another benefit of introduction pressure management is energy saving. The impact of pressure reduction is much more visible in networks made out of materials that can expand when the pressure is increased, like PVC and asbestos-cement pipes, steel/iron pipes being less susceptible to this phenomenon.

Another measure for leakage decrease could be a system that is interconnected with permanent flowmeters that are measuring flow between DMAs and that calculates in real time IWA parameters, analyzing measured night flows. As a result of the operation of such a system, each DMA receives a set of water losses related parameters each day. The operator can compare the day to day results, and in case of a significant increase in the assessed leak parameters, action should be taken.



**Figure 2.** User interface of the Network Leakage Monitor with a flowmeter data.

The Network Leakage Monitor tool together with online model can indicate those types of problems from a water distribution network. As a part of further steps, it is necessary to dispatch a team that physically arrives and using noise loggers and other equipment that detects the exact location of the problem.



**Figure 3.** Schematic diagram of the leakage detection activities.

### 3.2. Energy and capacity optimization

Because of recent energy price increase, the subject of energy optimization is more often brought up for discussion in the industry sector. We are experiencing a situation in which it is beneficiary to introduce any measures that can reduce energy expenses. Usually, the most saving potential is hidden in areas that consume the most of energy, which in case of water distribution networks and collection systems are pumping stations. Using MIKE+ the operators of those networks can perform energy consumption simulations using various scenarios like:

- Changing energy tariff;
- Depending tanks filling on actual energy tariff;
- Verification of pumps operational conditions in terms of their capacity/efficiency;
- More utilization of sources of lower threated water cost.

These and even more aspects can be addressed by the MIKE+ energy consumption analysis. The dedicated tool calculates energy consumption for specific pumps based on operational characteristics, Q-H curves, efficiency graphs and the volume of water that is being pumped in every step of the simulation. Moreover, it is possible to calculate real costs including tariffs that can be unique for individual facilities. Every modification introduced into the hydraulic model is directly and instantly reflected in the total energy cost and can be compared across various simulations. Reports that are generated after each simulation answer whether introduced changes improve electrical efficiency or not.



**Figure 4.** Analogue dashboard in water distribution infrastructure.

Based on the previous analyses that were executed for existing water infrastructures, it can be deduced that the expected level of energy savings on water pumping can reach up to 15% in case of high potential networks. Some companies went even further installing power turbines instead of valves or PRVs on water mains. From hydraulic perspective, these appliances have similar effect, except the turbine is capable of energy retrieval instead of just energy dissipation conducted by valves and PRVs. The target development direction should involve energy usage prediction assessed using a hydraulic model that is operating in an online mode and MPC mechanisms (Model Predictive Control). Based on internal rules and principles, the actual status of the network, forecasted demand and the required water retention level in the network, MPCs calculates the optimal amount of water of the network and manages it by throttling valves and pumps across the network. Such approach can improve water quality, decrease water losses, and optimize network operation in reference to applied energy tariffs.

### 3.3. Network rehabilitation

Aside from to the bursts and leakage removal, it is necessary to develop and introduce a network rehabilitation plan. This activity allows the decrease of network failures in the future, hence leakage will be decreased as well.

Any pipe replacement is a very costly process, thus pipes for replacement should be selected carefully. Very often, instead of replacing the longer part of the network, it is sufficient just to replace a single element that qualifies for replacement because of high age, or previously occurred failures or because of other reasons. Such approach allows for replacement of elements of the infrastructure according to a hierarchy build on real needs, resulted from technical conditions. The Network Optimization Planner tool is the solution that can help with this type of analysis.

The tool needs data from the GIS system that contain information of at least pipe diameter, age and material, but more attributes can be very beneficial to this analysis.

This information is utilized in a multicriteria analysis, where based on defined parameters, the tool generates a list of priorities of replacement. This list is divided into a long term rehabilitation plan (typically 5 to 20 years) based on available annual budget, prices of material and replacement activities like excavation works and additional parameters like inflation ratio. Each year the plan can be recalculated based on adjustments like planned investments that were not conducted or not planned replacement that took place, for example, due to failures.



**Figure 5.** Thematic map with elements qualified for rehabilitation.

For each location it is necessary to “fine tune” the set of parameters used for analyses. There are default degradation curves in the system, however in case of, for example, clay type reactive soil that expand and contract depending on moisture level, the degradation of pipes that are laid in soil is significantly affected. Besides parametrization, the user is allowed to define his own specific parameters and define personal parameters set for specific scenario. It is useful, for instance, if parts of the network are located in areas where ground water levels are high, or there are other factors, that can affect the material deterioration pace.



Figure 6. Graphs for the analysis.

Introduction and implementation of rehabilitation plans are key components that can lead to the decrease of unplanned maintenance activities number that are results of sudden bursts. This will improve the general condition of the operated network. Another benefit is that over the years the introduced plans will reduce the amount of water that is being lost due to background losses.

#### 4. Case study

The Upper Silesian region from Poland implemented hydraulic modelling solutions to optimize the water supply network. This was an important project because the Upper Silesian Water Utility Company, is a bulk water provider (it provides water to more than one smaller utilities), this also making the project challenging.

The objective was to recalibrate the model and to introduce an integrated IT monitoring system, together with a network rehabilitation plan.

The project began with a pre-implementation phase that consisted in the analysis of the existing model, from a topological and geometrical point of view, to see if the model corresponds with the real network and to see if there are missing elements like pipes or pumping stations (a network inventory), but also from an operational point of view, to see if the models results we're consistent with the measured values of the SCADA system. To verify the correctness of the hydraulic model from an operational point of view, a direct measurement of additional points (elevation - parameter "Z" of the model) of the infrastructure located in chambers of the network was performed, these points representing places for which the calculation results were least consistent with the measured values. Besides this, an inventory of the missing GIS system data, like linear objects and their armament (fittings) was done.

After the analysis, multiple elements of the network had to be implemented in the model and into the GIS system. The resulting model have a total network length of 885 km, containing 12 reservoir complexes, 10 water treatment plants (average daily water production was 320 000 m3), 122 pumps and 712 of wholesale (bulk) connection points.

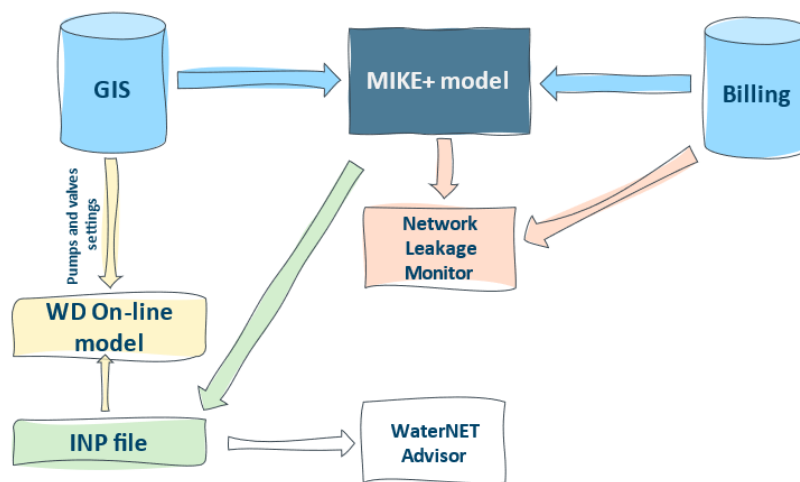
Once the data has been fully collected and the model updated, it was necessary to calibrate the model. For this purpose, 160 SCADA measuring points and data obtained from the measuring campaign were used (flows and pressures).

Based on the calibrated model, the water distribution online module has been introduced. This module is using SCADA data to determine the hydraulic models boundary conditions, to execute the simulation with a designed time interval (10 minutes) and to return comparison results between the SCADA measurement system and modelled values. This gives the network operators information about the condition of the network, and alerts them about potential problems like failures, bursts, or illegal demands. For a proper operation of the water supply online model, the operators must maintain the hydraulic model updated, adjusting it to match the real network.

The calibrated model outputs were also used to implement the Network Leakage Monitor. The model outputs were also used to implement the leakage monitoring solution. Hence the Upper Silesian Water Utility Company is a bulk water provider, flow profiles of the network do not fit into the urban water patterns. Because of that, instead of using the International Water Associations (IWA) methodology, it was decided to use the water balances approach. A vast majority of water selling points were connected and incorporated into the clients SCADA system, water storage tanks measurements were also available, so the whole network was divided into DMAs, and for each one a set of mass balances equations were developed. These equations are solved in real time to produce results that inform the client about how much water is produced, sold, and lost across the whole network, and also network benchmarking parameters were calculated for the whole network. By

observing and analyzing the system outputs, the operators can clearly know the conditions of the network, how much water is lost and what are the benchmark parameters of the network.

The same as with the Network Leakage Monitor and the online model, the calibrated model was also used to implement the Network Optimization Planner with which the client was able to develop a rehabilitation plan based on the multi-criteria analysis and on the Network Leakage Monitors results. Next, for ease of system maintenance, an automated synchronization tool was introduced. The GIS system was placed in a central hub, where the operators perform operations regarding the operation, network rehabilitation and topology modifications. The GIS system must remain updated to fully reflect the real networks conditions. Upon request, the hydraulic model is updated with the changes performed in the GIS system. Every asset of the GIS system and of model have the additional parameters of date and time. The tool compares these parameters for every single pair of matching objects of the GIS system and of the model, and in case of updated GIS objects, the model is updated automatically. The updated MIKE+ hydraulic model can further be used for the online water distribution model and to update network topology in Network Leakage Monitor and in Network Optimization Planner.



**Figure 7.** Model updater.

The GIS system is also used to synchronize information about pumping stations or valve settings to setup the boundary conditions of the water distribution online model and also used to update the average demands in MIKE+ and in the Network Leakage Monitor.

## 5. Conclusion

Network optimization is a very important process for every water utility company and modelling solutions are very suitable for this task, helping them with water losses through pressure management, water hammer analyzes and even real time simulations and monitoring, with cost optimization and with creating rehabilitation plans, just as it was done for the Upper Silesian Water Utility Company.

## References

- [1] Mala Jetmarova H., Sultanova N., and Savic D., 2017, *Lost in optimisation of water distribution systems? A literature review of system operation* (University of Exeter, Exeter, UK)
- [2] Parker J., *A Brief Introduction to Non-Revenue Water*, <https://www.rockblue.org/a-brief-introduction-nrw/>
- [3] Machell J., Mounce S. R. and Boxall J. B., 2010, *Online modelling of water distribution systems: a UK case study* (University of Sheffield, Sheffield, UK)
- [4] DHI, 2022, *MIKE+ Model Manager Manual* (Denmark)
- [5] DHI, 2022, *MIKE+ Water Distribution Manual* (Denmark)
- [6] Tabesh M, Burrows R and Yekta A. A., 2009, *An Integrated Model to Evaluate Losses in Water Distribution Systems* (University of Hamedan, Hamedan, Iran)

Gestionarea infrastructurii de apă și canalizare în contextul diminuării și epuizării resurselor  
27-28.10. 2022, București

Conferința Tehnico-Stiințifică



## Modelarea hidraulică în regim permanent și nepermanent a unei conducte de aducțiune

Gîrleanu Marina

Universitatea Tehnică de Construcții, București, 020396, România

\* [marina.girleanu@gmail.com](mailto:marina.girleanu@gmail.com)

**Rezumat scurt.** Prezenta lucrare studiază mișcarea nepermanentă a fluidelor în conducte, ce conduce la probleme frecvente în practica hidrotehnică. Lucrarea de față prezintă o analiză asupra comportării sistemului hidraulic studiat, la apariția fenomenului de lovitură de berbec, în diferite ipoteze de funcționare a aducțiunii.

Analiza fenomenului își propune să evalueze comportarea conductei de aducțiune în 3 ipoteze: regim permanent de curgere, regim staționar, regim nepermanent de curgere. folosind softul de calcul Hammer v10 de la Bentley.

Pentru elaborarea studiului asupra apariției fenomenului de lovitură de berbec într-o conductă de aducțiune, unde curgerea este gravitațională, s-a folosit programul HAMMER v10, care folosește ca motor de calcul modelul fluidului compresibil construit pe baza principiului diferențelor finite.

În prima parte a lucrării a fost prezentat fenomenul de lovitură de berbec, clasificarea și fazele importante ale fenomenului, elemente care reprezintă o parte esențială a prezentului studiu.

În a doua parte a lucrării este cuprinsă partea practică unde este studiat comportamentul hidraulic al unei conducte de aducțiune, în lungime totală de aproximativ 8145 m, pe diverse scenarii de exploatare.

Presiunea maximă admisibilă pentru conducta de aducțiune studiată este de 10 bari și a fost adoptată în funcție de materialul din care este confecționată și anume PEID.

Pe baza rezultatelor obținute au fost extrase concluzii în ceea ce privește exploatarea optimă și rațională a conductei de aducțiune.

**Cuvinte cheie.** Aducțiune, Gravitațională, Lovitura de berbec.

### Aspecte teoretice ale fenomenului loviturii de berbec - *Mișcare nepermanentă în conducte sub presiune.*

#### 1.1. Descrierea fenomenului

Mișcarea nepermanentă, din cadrul regimului de mișcare al funcționării instalațiilor hidraulice care transportă lichide sub presiune, apare la modificarea condițiilor la limită a curgerii provocate de închiderea sau deschiderea unei vane, oprirea sau pornirea pompelor, eliminarea aerului sau spargerea unor conducte.

Regimul de curgere cu caracter nepermanent introduce, de regulă, solicitări importante ale sistemului, cum ar fi suprapresiuni care depășesc presiunea de regim normal de funcționare, sau

depresiuni importante. Aceste solicitări au ca rezultat, în general, avarii importante ale sistemului hidraulic.

Modelul de calcul al regimului nepermanent în conductele sub presiune este modelul curgerii unidimensionale, în care se ia în calcul că viteza medie de curgere a fluidului în conductă este egală în toată secțiunea transversală, precum și în toate punctele acesteia. Viteza medie de curgere a fluidului prin conductă are următoarea relație de calcul:  $V=Q/A$

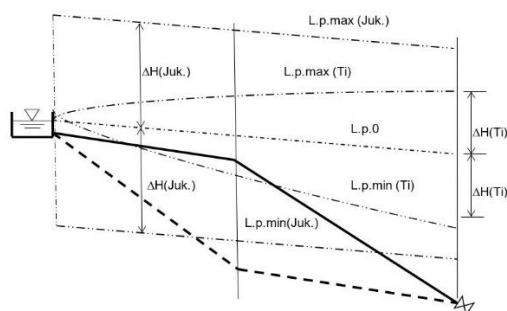
Fenomenele de mișcare nepermanentă au un caracter ondulatoriu; o perturbație a condițiilor la limită provoacă schimbări locale ale debitului și presiunii, schimbări care se transmit prin unde în lungul instalației hidraulice.

Fazele loviturii de berbec pentru aducțiunile gravitaționale destinate alimentării cu apă potabilă. Alcătuirea unei aducțiuni gravitaționale pentru alimentarea cu apă a unui obiectiv civil sau industrial e dată, în formă simplificată-schematizată, în figura 1, unde se află, de asemenea, elementele explicative ale desfășurării fenomenului de lovitură de berbec.

Se presupune că aducțiunea, cu lungimea totală  $L$  are, pe toată lungimea, aceeași valoare a celerității  $c$ . Manevra care produce lovitură de berbec în astfel de cazuri, este închiderea vanei de la capătul aval, manevrată de beneficiarul apei furnizate. Parametrul principal care determină valoarea variațiilor de presiune îl reprezintă timpul  $T_i$  de închidere al vanei. O anumită influență o are și forma legii de închidere. Întrucât descrierea de față are doar o valoare calitativă, se va prezenta numai influența lui  $T_i$ , cu mențiunea că și reprezentarea grafică a liniilor piezometrice din figură este, de asemenea, orientativă.

Prin închiderea vanei, se produce mai întâi faza suprapresiunilor, adică o creștere a presiunilor peste cele inițiale iar înfășurătoarea presiunilor maxime e reprezentată în figură sub forma liniei piezometrice maxime, notată  $L.p.max$  care se află deasupra liniei piezometrice de regim, notată cu  $L.p.0$ .

În faza a doua, urmare a reflexiei cu semn schimbat a undelor de presiune la rezervorul de la capătul amonte, se produce faza subpresiunilor, adică o descreștere a presiunilor sub cele inițiale iar înfășurătoarea presiunilor minime e reprezentată în figură sub forma liniei piezometrice minime, notată  $L.p.min$  care se află dedesubtul liniei piezometrice de regim.



**Figura 1.** - Aducțiunea gravitațională pentru alimentarea cu apă de consum.

#### Calculul teoretic al loviturii de berbec.

Lovitura de berbec apare în conducte la modificarea vitezei de curgere și are drept cauză manevrarea armăturilor, pornirea și oprirea pompelor, modificarea parametrilor curgerii ca urmare a unor avarii.

Masa fluidului aflat în mișcare, la apariția unei variații de viteză exercită forțe ce se manifestă sub forma unor variații de presiune.

Apa fiind un fluid compresibil, iar materialul conductei fiind elastic, propagarea variațiilor de presiune în lungul conductei se face sub formă de unde, cu o viteză "c", numită celeritate, iar undele sunt reflectate total sau parțial către extremitățile conductei, la rezervoare, ramificații întorcându-se la punctul de plecare, unde se reflectă din nou.

Datorită acestor unde, presiunile în diferite puncte ale conductei, ce pornesc inițial de la o valoare stabilită de un regim permanent, se modifică, trecând în timp prin valori maxime și minime, și în final se amortizează datorită frecărilor interioare, stabilindu-se un nou regim permanent impus de noile condiții ale elementelor sistemului.

Calculul loviturii de berbec constă în stabilirea valorilor maxime și minime ale presiunilor, precum și a măsurilor ce trebuiesc adoptate în vederea limitării acestor presiuni sub presiunile maxime admisibile, funcție de caracteristicile sistemului hidraulic supus analizei.

Calculul loviturii de berbec are la bază studiul analitic al acestui fenomen care prezintă dificultăți în rezolvare. Soluționarea analitică este greoaie și este cunoscută sub denumirea de metoda Allievi.

Cazurile mai simple precum și cele ce permit o soluționare tip sau mai puțin exactă se pot rezolva prin diferite metode expeditiv.

*Studiu de caz: „Modelarea hidraulică în regim permanent și nepermanent a unei conducte de aducțiune.*

Studiul de caz prezintă analiza comportării fenomenului de lovitură de berbec la o conductă de aducțiune a cărei funcționare este asigurată prin curgere gravitațională. Aducțiunea deservește sistemul hidraulic de transport al apei între o stație de captare și o gospodărie de apă, fiind destinată să transporte debitul  $Q=150$  l/s, conducta având un diametru de 500 mm.

Evaluarea comportării aducțiunii funcționând integral gravitațional sub presiune se face pentru următoarele ipoteze:

- regim permanent de curgere: funcționarea aducțiunii la parametrii pentru care a fost proiectată;
- regim staționar: valoarea debitului este zero;
- regim nepermanent de curgere: provocat de închiderea unei vane de pe traseul aducțiunii.

### 1.2. Mișcare nepermanentă în conducte sub presiune.

Pentru aducțiunea studiată diferența de cota geodezică este de aproximativ 15 m, captarea aflându-se la o cotă de 244,55 mdMN iar gospodăria de apă Feredeșu la 230,02 mdMN.

Materialul propus pentru conducta de aducțiune este PEID.

Presiunea nominală aleasă pentru conducte este PN10.

Conducta de aducțiune are o lungime totală de aproximativ 8145 m, fiind dimensionată să transporte un debit  $Q=150$  l/s.



**Figura 2.** – Aducțiunea studiată.

Se va analiza comportarea conductei de aducțiune la producerea fenomenului de lovitură de berbec simulând închiderea unei vane pe traseul aducțiunii, respectiv închiderea vanei de izolare din imediata vecinătate a gospodăriei de apă (punctul de capăt al aducțiunii).

### 1.3. Utilizarea programului Bentley în simularea loviturii de berbec pe aducțiune.

Programul a fost utilizat pentru a realiza o analiză numerică a regimului tranzitoriu în care s-ar afla conducta de aducțiune în ipoteza închiderii bruște a unei vane de pe traseul acesteia, pe baza rezultatelor analizei să se propună soluțiile de protecție corespunzătoare astfel încât sistemul hidraulic să fie protejat împotriva loviturii de berbec.

*Crearea modelului de calcul.*

Pentru realizarea modelului de calcul al sistemului hidraulic se vor introduce datele în program de către utilizator, urmând ca acesta să facă automat conexiunile între elementele modelului (rezervoare, noduri, vane, conducte, etc.).

În programul Bentley Water Hammer au fost introduse datele de proiectare ale conductei de aducțiune pentru realizarea modelului de calcul, iar ipoteza simplificatoare în rularea modelului de calcul a fost considerată situația cea mai defavorabilă și anume: închiderea vanei de izolare din imediata vecinătate a gospodăriei de apă Feredeșu (punctul de capăt al aducțiunii);

Astfel, vor fi prezentate rezultatele modelării hidraulice, precum și modelul hidraulic al conductei de aducțiune extras din programul Bentley Water Hammer.

#### *Intraducerea datelor în program.*

Modelarea hidraulică a fost realizată în unități de măsură din Sistemul Internațional de Unități de Măsură.

Introducerea elementelor componente ale sistemului hidraulic:

Pentru rularea modelului de calcul, este necesară introducerea datelor esențiale referitoare la rezervoare, conducte, joncțiuni, vane.

Introducerea elementelor tip rezervor: Se vor introduce în program cotele specifice rezervorului, conducta având o cotă ax la plecarea din Stația de Captare 222,75 mdMN.

Introducerea elementelor tip conductă: Pentru introducerea elementelor tip conductă, este necesară specificarea în program a diametrului interior al conductei, rugozitatea C (Hazen-Williams), lungimea conductei definite de utilizator.

Introducerea elementelor tip nod: Pentru introducerea elementelor tip nod se va specifica pentru fiecare punct al schemei de calcul adoptate, cota axului conductei.

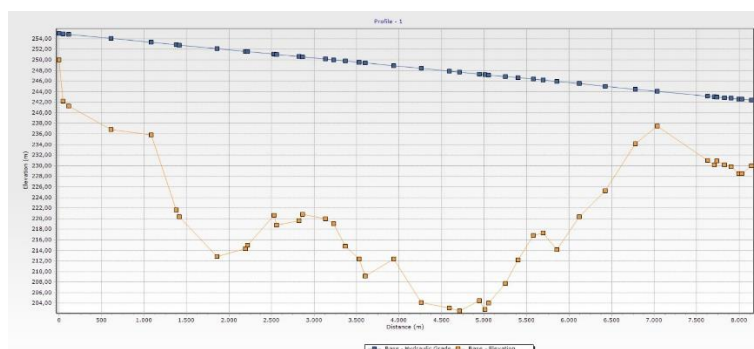
#### **Rularea modelului de calcul și afișare rezultatelor.**

##### *Rularea modelului în regim permanent*

Pentru rularea modelului de calcul în regim permanent se va selecta ca metodă de calcul "Steady-State Solver".

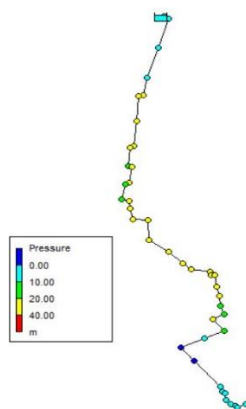
Din punct de vedere al debitului transportat, având în vedere că discutăm despre o conductă gravitațională, acesta este o funcție de panta piezometrică disponibilă, respectiv diferența de energie piezometrică între intrarea și ieșirea din sistemul hidraulic. Din simularea făcută pentru regim de exploatare permanent, rezultă că aducțiunea poate transporta un debit maxim de 150 l/s.

Afișarea profilului longitudinal al conductei în regim permanent



**Figura 3.** – Linia piezometrică în regim permanent.

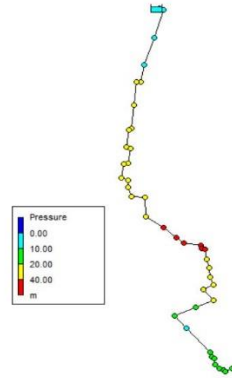
În regim de funcționare normal se poate constata că nu sunt probleme în privința presiunilor de funcționare. Presiunea maximă în regim normal este de 3,5 bar.



**Figura 4.** – Presiuni de exploatare în regim de funcționare normal.

### Rularea modelului în regim staționar

În cazul conductelor de aducțiune, precum și a rețelelor de distribuție a apei sub presiune, un risc ridicat în exploatare îl reprezintă oprirea (pe timpul nopții – în lipsa consumului, sau în cazul unei avarii) funcționării conductelor, implicit scăderea debitului și a vitezei în conductă până la valoarea 0. Anularea curgerii în conducta de aducțiune, și scăderea vitezei la valoarea zero anulează implicit și pierderile de sarcină ce au loc la curgerea apei prin conductă, funcționând – de această dată – exclusiv legea generală a hidrostaticii, și anume  $z+p/\rho g=cst$ . Astfel, odată cu scăderea cotelor geodezice “z”, se produce creșterea liniară, și cu aceeași unitate de lungime (metru) a termenului de presiune, ce poate pune în pericol stabilitatea conductei de aducțiune, din punct de vedere al presiunilor maxime nominale admise de aceasta. Funcționarea în regim staționar a conductei de aducțiune, și implicit regimul de presiuni este figurat mai jos.



**Figura 5.** – Presiuni de exploatare în regim staționar.

Analizând regimul de presiuni din exploatare, în regim staționar, dar și presiunile nominale ale conductei de aducțiune gravitațională, rezultă că presiunile nominale alese pentru conducta de aducțiune acoperă cu succes presiunile maxime din această ipoteză de funcționare. Presiunea maximă din sistem este de 4,2 bar.

Presiunea maximă admisă de conductă: 10 bar.

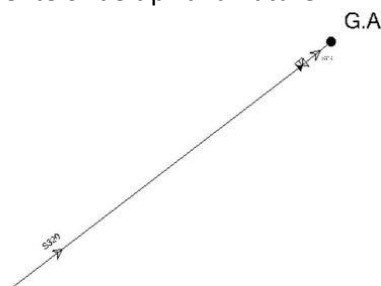
Rularea modelului în regim nepermanent

Regim nepermanent de curgere: provocat de închiderea unei vane de pe traseul aducțiunii.

Ca ipoteză simplificatoare a fost considerată în rularea modelului de calcul situația cea mai defavorabilă și anume:

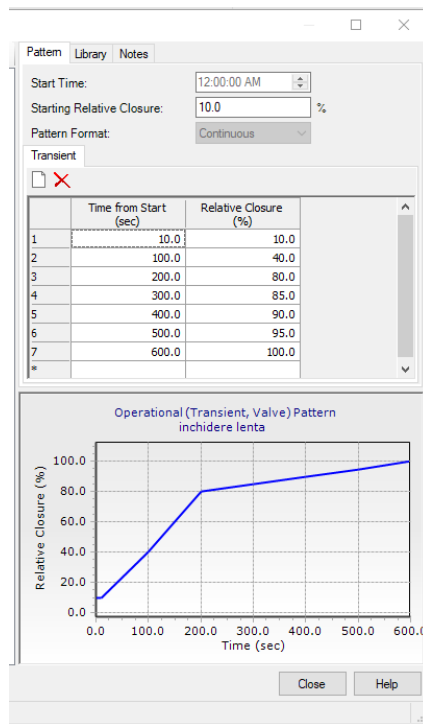
Închiderea vanei de izolare din imediata vecinătate a gospodăriei de apă.

Introducerea în program a elementelor de tip vană fluture.



**Figura 6.** – Amplasarea vanei de izolare (tip fluture).

Rularea modelului de calcul în regim nepermanent și implicit evaluarea fenomenului de lovitură de berbec în cazul închiderii unei vane de izolare de pe traseul aducțiunii se va face cu ajutorul unui grafic de închidere al vanei respective.

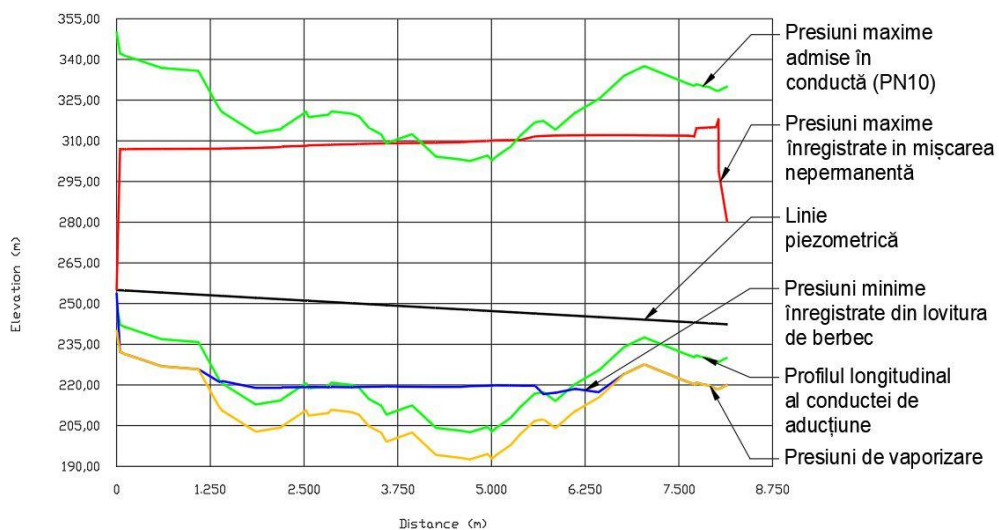


**Figura 7.** – Introducerea graficului de închidere rapidă a vanei.

Având în vedere dimensiunile vanei din capătul aval a conductei de aducțiune (DN500), a cărei închidere a fost simulată în cadrul prezentului raport, s-a considerat un timp minim de închidere de 10 min, uzual pentru închiderea unor vane de mari dimensiuni.

Pentru rularea modelului de calcul în regim nepermanent se va selecta ca metodă de calcul "Unsteady Solver".

*Afișarea grafică a rezultatelor.*



**Figura 8.** – Mișcare nepermanentă fara elemente de protecție. Rezultate Obținute.

#### 1.4. Efectul loviturii de berbec asupra conductei de aducțiune în regim nepermanent.

Această analiză constă în evidențierea comportării aducțiunii în regim de curgere nepermanent, cauzat de închiderea unei vane pe traseul aducțiunii, când aceasta transportă debitul de 150 l/s.

Rezultate obținute în urma rulării programului Water Hammer, în ipoteza de funcționare a conductei de aducțiune în regim de curgere nepermanent, la debitul  $Q=150$  l/s sunt prezentate tabelar.

În ipoteza de funcționare a conductei de aducțiune în regim de curgere nepermanent, cauzat de închiderea unei vane pe traseul aducțiunii se poate constata că fenomenul de lovitură de berbec

produce o suprapresiune maximă de 10,7 bar și o depresiune minimă de -1 bar la închiderea vanei din apropierea gospodăriei de apă.

Presiune maximă: 10bar.

Se constată că presiunea maximă din lovitura de berbec depășește clasa de presiune din care este confecționată conducta pe anumite tronsoane; pe aceste tronsoane sunt necesare măsuri de protecție contra loviturii de berbec. Totodată, s-a constatat pe unele tronsoane, presiunile minime înregistrate ating presiunea de vaporizare, așadar este necesară echiparea conductei cu dispozitive de aerisire-dezaerisire în zonele de apariție a subpresiunilor.

#### *Introducerea dispozitivelor de protecție și rularea modelului de calcul*

În program au fost introduse 5 ventile de aerisire/dezaerisire pentru protecția conductei la subpresiunile generate de lovitura de berbec.

Ventil 1 – amplasat la (0+113m), cu diamentru nominal DN100mm;

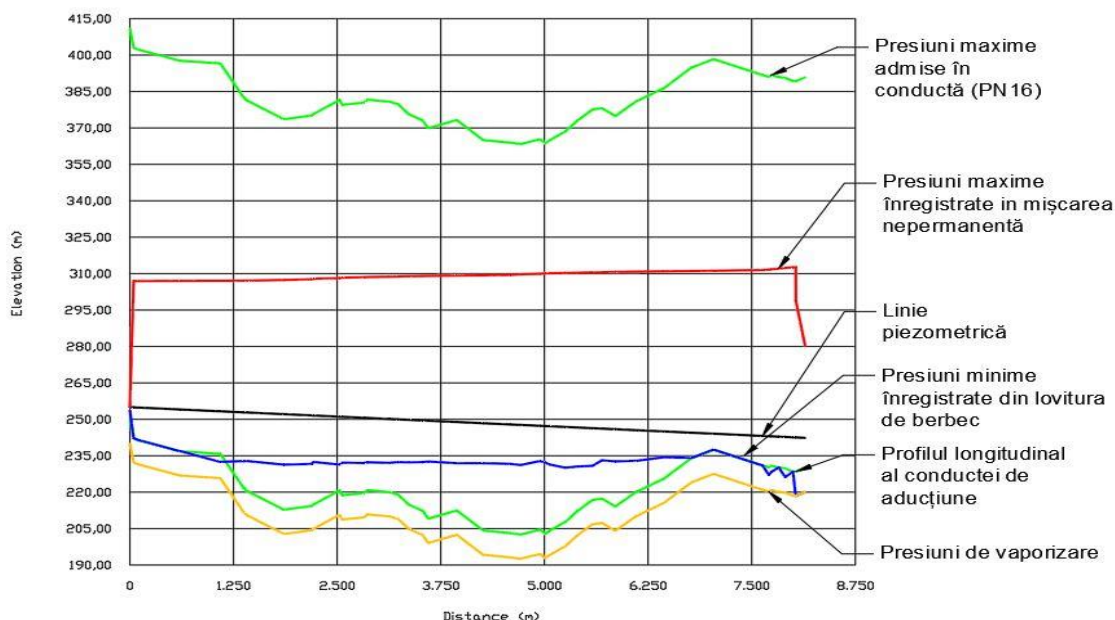
Ventil 2 – amplasat la (0+405m), cu diamentru nominal DN100mm;

Ventil 3 – amplasat la (0+753m), cu diamentru nominal DN100mm;

Ventil 4 – amplasat la (0+6903m), cu diamentru nominal DN100mm;

Ventil 5 – amplasat la (0+7251m), cu diamentru nominal DN100mm.

După ce aceste operații au fost efectuate, se va rula modelul de calcul cu dispozitivele de protecție aplicate modelului hidraulic.



**Figura 9.** – Mișcare nepermanentă cu elemente de protecție. Rezultate Obținute.

După cum se observă în graficul de mai sus, lovitura de berbec asupra conductei de aducțiune nu mai poate aduce avarii, din punct de vedere al presiunilor, ventilele de aerisire/dezaerisire prevăzute asigurând controlul diferențelor de presiune și deci, siguranța în exploatare la închiderea vanei din apropierea gospodăriei de apă.

Rezultate obținute în urma rulării programului Water Hammer, în ipoteza de funcționare a conductei de aducțiune la închiderea vanei din apropierea gospodăriei de apă, cu dispozitivele de protecție, la debitul  $Q=150$  l/s, sunt prezentate în tabelul următor:

În urma rulării programului Water Hammer, în ipoteza de funcționare a conductei de aducțiune în regim de curgere nepermanent, cauzat de închiderea unei vane, cu dispozitive de protecție, pe traseul aducțiunii se poate constata că fenomenul de lovitură de berbec produce o suprapresiune maximă de 10,7 bar și o depresiune minimă de -0,4 bar la închiderea vanei din apropierea gospodăriei de apă Fereedu.

Presiunea maximă : 16 bar.

## Concluzii și recomandări

Conducta de aducțiune cu o lungime totală de aproximativ 8145 m, a fost verificată din punct de vedere hidraulic pentru 3 ipoteze de funcționare, și anume: regim de funcționare normal (permanent), regim staționar, și regim de funcționare nepermanent (lovitură de berbec). Analiza funcționării conductei de aducțiune pentru regim permanent se face pentru determinarea debitului transportat, analiza regimului staționar se face pentru identificarea presiunilor maxime în regim staționar, iar analiza mișcării nepermanente este făcută pentru determinarea presiunilor maxime și minime ce pot apărea în conductă în urma unui soc hidraulic (lovitură de berbec);

Din analiza funcționării conductei în regim normal de exploatare (permanent), rezulta că debitul maxim transportat de conducta de aducțiune este de cca 150 l/s;

Din punct de vedere al funcționării în regim staționar, concluzia este că regimul de presiuni nominale alese acoperă presiunile maxime staționare, prin urmare nu sunt probleme.

Se poate constata că fenomenul de lovitură de berbec produce o suprapresiune maximă de 10,7 bar și o depresiune minimă de -1 bar, fără dispozitive de protecție.

Presiunea maximă – 10 bar;

În varianta cu dispozitive de protecție, se poate constata că suprapresiunile maxime ajung tot până la valoarea de 10,7 bar, iar depresiunile minime pe conducta de aducțiune se stabilizează în jurul valorii de -0,4 bar;

Presiune maximă – 16 bar;

Din analiza făcută asupra mișcărilor nepermanente ce au loc în conducta de aducțiune, prin comparația presiunilor maxime și minime ale fenomenului cu regimul de presiuni nominale ale conductei, reiese anumite zone în care presiunea maximă în regim nepermanent depășește presiunea nominală a conductei de aducțiune; Astfel, pentru soluționarea problemei se propun 2 soluții tehnice, și anume:

Varianta 1: Schimbarea presiunilor nominale pentru țevă, pe toată lungimea în care presiunile în regim nepermanent depășesc presiunile nominale ale conductei. Această variantă este cea mai sigură din punct de vedere al exploatarei.

Varianta 2: Adoptarea unor elemente și echipamente de protecție în punctele critice ale profilului longitudinal, pentru a scădea vârfurile de presiune înregistrate.

Recomandare 1: Se recomandă ca timpul de închidere al vanelor de izolare în faza de exploatare a conductei să nu fie mai mic de 600 secunde;

Recomandare 2: Se recomandă montarea masivelor de ancoraj în deviații ale conductei mai mari de 30°, în baza unui calcul adecvat, ținând cont și de suprapresiunile amintite anterior, cât și de presiunile maxime din regim static de funcționare, alegând presiunea cea mai defavorabilă din secțiunea de calcul.

## Referințe

- [1] Cioc, D. (1960) - *Hidraulică și elemente de mecanică fluidelor, Vol. II, ESDP*;
- [2] Stoianovici, S., Faibiș, O. (August 1961) - *Lovitura de berbec în instalații de pompare, Hidrotehnică*;
- [3] Stoianovici, S. (Septembrie 1964) - *Considerațiuni asupra calculului loviturii de berbec prin metode expeditivă, Hidrotehnică*;
- [4] Stoianovici, S. (Iunie 1966) - *O metodă expeditivă pentru calculul suprapresiunilor datorită loviturii de berbec la instalațiile prin pompare, Gospodărirea Apelor, Meteorologia, Hidrotehnică, nr.6*;
- [5] Cioc, D. (1968) - *Contribuții la calculul mișcărilor nepermanente în conducte și la teoria sonicității cu aplicare la pompajul sonic, Ed. Studii de Hidraulică, XVIII, București*;
- [6] Hâncu, S., Popescu, M., Jelev, I., Constantinescu G. (1978) - *Unele aspecte privind calculul loviturii de berbec din instalațiile de pompare, Hidrotehnică, Nr. 2*;
- [7] Isbășoiu, E., Echisli, E. (1978) - *Analiza regimurilor tranzitorii de pornire a unor stații de pompare, Hidrotehnică, nr. 6*;
- [8] Cioc, D., Tatu, G., Anton, A. (1982) - *Rezultate practice obținute prin utilizarea hidroforului complex la protecția la lovitura de berbec, Hidrotehnică, nr. 10*;
- [9] G. Tatu - *Sisteme hidraulice în regim tranzitoriu, UTCB – 1995*;
- [10] P. G. Kiselev - *Îndreptar pentru calcule hidraulice. Editura Energetică de Stat - 1953*
- [11] J. Parmakian - *Waterhammer analysis. New York*.
- [12] Normativ (Iunie 2010) - *Calculul și combaterea loviturii de berbec la conductele pentru transportul apei, UTCB, București*.

## Gestionarea infrastructurii de apă și canalizare în contextul diminuării și epuizării resurselor 27-28.10. 2022, București

Conferința Tehnico-Stiințifică



### Digitalizarea activității de reducere a pierderilor de apă în cadrul APAREGIO GORJ S.A.

**Augustin Dina<sup>1</sup>, Lucian Măruță<sup>1</sup>, Horațiu Hoară<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Departament Control, APAREGIO GORJ S.A., Târgu-Jiu, 210185, Gorj, România

\* horatiu.hoara@aparegio.ro

**Rezumat scurt.** Sistemele de alimentare și distribuție a apei sunt sisteme dinamice, supuse acțiunii unei serii nedeterminate de variabile ascunse și de parametri necunoscuți, cheia înțelegerii provenind din următoarea sintagmă - *dependența Sistemului de condițiile inițiale* (mici schimbări inițiale conducând la rezultate complet diferite). Tot ceea ce facem influențează rezultatele într-un mod poate necuantificabil în întregime, dar cert. Nimic nu este neimportant, fiecare idee aplicată are influențe asupra Sistemului, oricât de ne semnificative ar părea efectele ei, în această perspectivă, implementarea unei strategii de control a pierderilor de apă fiind o necesitate, beneficiile putând fi concretizate în salvarea unei resurse prețioase și valoroase.

**Key words:** digitalizare, pierderi, sistem

#### 1. De ce?

Nefiind vorba despre o epifanie, există sentimentul acut că se încearcă ordonarea haosului (sistemul/sistemele de alimentare și distribuție a apei gestionat/e – numit/numite în continuare Sistemul), ceea ce aparent se constituie într-o aporie, generând un sentiment de zădărnici.

Ei bine, se pare că Sistemului i se aplică Teoria Haosului – care se ocupă printre altele și cu studierea comportamentelor sistemelor dinamice foarte sensibile la condițiile inițiale. Nu este cazul de a întreprinde studii aprofundate de matematici superioare, dar în cazul de față înțelegerea teoriei este importantă.

Sistemul de alimentare și distribuție a apei este un integru dinamic, supus acțiunii unei serii nedeterminate de variabile ascunse și de parametri necunoscuți, ținta celui care îl operează fiind ajungerea la starea de aplicabilitate a unui sistem de monitorizare și modelare hidraulică a Sistemului – ceea ce ar conferi o dorită predictibilitate (acesta fiind un model matematic), ceea ce presupune eliminarea unor parametri necunoscuți și descoperirea unor variabile ascunse.

Cheia înțelegerii provine din următoarea sintagmă: *dependența Sistemului de condițiile inițiale* (mici schimbări inițiale conducând la rezultate complet diferite.)

Ce înseamnă asta? Tot ceea ce facem influențează rezultatele într-un mod poate necuantificabil în întregime, dar cert. Nimic nu este neimportant, fiecare idee aplicată are influențe asupra Sistemului, oricât de ne semnificative ar părea efectele ei.

Astfel, sunt importante două direcții de acțiune, referitoare la în primul rând la cunoașterea Sistemului pentru eliminarea parametrilor necunoscuți (plecând de la recunoașterea faptului că nu

este în întregime cunoscut și în consecință nici nu cunoaștem ce și cât nu cunoaștem!) și în al doilea rând la schimbarea condițiilor inițiale (acțiunea asupra Sistemului).

Dar acțiunea este importantă, nu discutarea ideilor, pentru că și în APAREGIO GORJ S.A. se propun o grămadă de idei și aproape toate sunt respinse (ceea ce nu este întotdeauna un lucru rău) și nu mă refer numai la acțiunile semnificative, riscante, care trebuie cumpănite bine.

Există două mari piedici în implementarea ideilor, resursele materiale și financiare limitate și resursa umană inertă (organizație mare - inerție mare), criticism excesiv (dar nu în sensul spiritului critic care este mai mult decât obligatoriu în orice demers serios).

Concluzii? Trebuie încurajate toate măsurile care conduc la:

- Cunoașterea Sistemului (nu presupune alocarea de mari resurse materiale sau financiare ci se utilizează eficient în primul rând resursa umană existentă);

- Implementarea inițiativelor personale (cât de cât valoroase) trebuie stimulată pentru că altfel cei care le inițiază renunță și revin la supunerea quasiunanimă față de dictatura mediocrității. Sunt importante și furnicile – cei care execută bine acțiuni repetitive, monotone pe o perioadă îndelungată de timp (cei care acționează în cunoscut), dar și pionerii (cei care acționează în necunoscut). Dacă se promovează inițiativa, se schimbă dinamica resursei umane;

- Acțiuni punctuale (acestea pot fi necesare/obligatorii sau de corecție).

Cam asta ar fi, rezultatele poate nu sunt imediate și spectaculoase, dar influența lor este inevitabilă și confirmabilă pe perioade mai mari de timp.

În finalul introducerii trebuie reiterată încă odată importanța înțelegerii dependenței Sistemului de condițiile inițiale (mici schimbări inițiale conducând la rezultate complet diferite), adică a posibilității influențării semnificative a rezultatelor prin schimbările mici efectuate în prealabil.

Din această perspectivă, implementarea unei strategii de control a pierderilor de apă rezultă cu necesitate, beneficiile putând fi concretizate în salvarea unei resurse prețioase și valoroase.

Din punct de vedere al obligativității, art. 4 alin. (3) din noua Directiva (UE) 2020/2184 privind calitatea apei destinate consumului uman (care urmează să fie transpusă în legislația națională), statuează: *“În conformitate cu Directiva 2000/60/CE, statele membre se asigură că se realizează, prin utilizarea metodei de rating „indexul pierderilor din infrastructură” (ILI) sau a unei alte metode adecvate, o evaluare a nivelurilor pierderilor de apă de pe teritoriul lor și a potențialului de îmbunătățire a reducerii pierderilor de apă”* urmând să prezinte Comisiei un plan de acțiune ce prevede un set de măsuri care trebuie luate pentru a reduce rata pierderilor lor.

## 2. Cum?

Odată ce ne-am propus, sau ni s-a propus, mai curând, de fapt, ni s-a impus un țel, apare următoarea problemă – *“S-ar putea să-mi lipsească forțele pentru a ajunge unde vreau, dar știu ceea ce vreau”* (Giuseppe Verdi).

Aici intervine opțiunea digitalizării – a venit momentul să găsim și să punem în practică soluții eficiente. În context european digitalizarea este o realitate, problema este că în contextul mioritic pare mai curând o glumă, sau hai să-i zicem o perspectivă blurată.

Abordarea activității de reducere a pierderilor de apă trebuie să fie holistică, integrând activități precum managementul activelor și managementul presiunilor.

Ca în orice demers, primul pas este cel mai important, corelat cu truismul că dacă nu știm unde suntem nu știm nici încotro ne îndreptăm și cu înțelegerea că eșecul planificării coincide cu planificarea eșecului. În consecință, elaborarea unei strategii fluide pentru reducerea pierderilor și a cantității de apă nefacturată (NRW) este obligatorie. Scopul strategiei este de a ajuta operatorul APAREGIO GORJ S.A. să-și planifice, justifice și programeze acțiunile necesare pentru reducerea cantității de apă nefacturată (NRW), inclusiv identificarea problemelor care generează aceste pierderi din sistem.

Orice strategie de control al pierderilor de apă pentru a fi eficientă trebuie să fie o activitate continuă bazată pe o planificare pe termen lung și ar trebui să facă parte integrantă din viziunea operatorului. Succesul strategiei va depinde în mod inevitabil de angajamentul și dedicația de la toate nivelurile în cadrul operatorului și, desigur, de adoptarea unor tactici și tehnici adecvate.

Activitățile trebuie corelate cu planificarea activităților de mentenanță și integrate în activitatea de management al activelor, în acest mod economisindu-se importante resurse (conform

principiului "non multa, sed multum"). De exemplu cel mai important pentru toate lucrările de întreținere este cunoașterea tuturor utilajelor și a rețelei, iar pentru aceasta, utilajele și rețeaua trebuie documentate și luate în evidență complet.

Managementul presiunilor este o componentă care influențează foarte mult rata pierderilor, asigurarea presiunilor optime fiind pasul esențial pentru reducerea pierderilor de apă. Controlul presiunilor este cel mai rapid mod de reducere a pierderilor și nu implică localizarea lor. Ca prim pas în reducerea scurgerilor din rețelele de distribuție a apei, este recomandabil ca presiunile din rețea să fie examinate și optimizate astfel încât orice presiune în exces să fie eliminată.

Pentru a reduce activ cantitatea de apă necontorizată și pentru a îmbunătăți operarea rețelelor se impune sectorizarea acestora prin instalarea unui număr optim de dispozitive de măsură și control (debitmetre, senzori de presiune, vane automate, contoare) și prelucrarea/digitalizarea datelor obținute.

Următoarele tipuri de activități au ca scop detecția activă a pierderilor, scăderea debitelor minime nocturne, identificarea cu precizie a pierderilor în fiecare zonă sectorizată (DMA) și intervenția rapidă în cazul anomaliilor din rețea.

Sectorizarea rețelei și detectarea pierderilor presupune instalarea de debitmetre cu sisteme de achiziție date și telemetrie pentru conductele de aducțiune, de transport și de distribuție în vederea identificării cu precizie a pierderilor în DMA-uri.

Controlul presiunilor implică montarea de echipamente de monitorizare a presiunii cu sisteme de achiziție date și telemetrie integrate și echipamente cu sistem activ de auto-învățare pentru controlul de la distanță al vanelor, reglarea presiunii de apă din rețea, scăderea debitului minim nocturn.

Este necesară implementarea unui software care să integreze datele de la toate sistemele instalate în rețeaua de distribuție a apei potabile și cu ajutorul căruia aceasta să poată fi administrată mai eficient.

Prin implementarea acestor măsuri vor fi reduse semnificativ pierderile de apă din rețea și numărul de branșamente ilegale, este prelungită perioada de viață a rețelei de distribuție prin controlul activ al presiunilor și se reduc drastic costurile de operare. Mai mult, implementarea software-ului de analiză și control permite eficientizarea întregului proces și dezvoltarea de planuri de management pe termen lung ale rețelei de distribuție (parte a activității de management al activelor).

De mare ajutor este și utilizarea logger-elor de sunete, meniți să fie instalați în anumite locații și programați să măsoare și să înregistreze sunetele produse la nivelul conductelor în mijlocul nopții (pentru evitarea interferențelor). Logger-ele sunt cercetate periodic pentru a nota sunetele produse de pierderi. Când acestea sunt raportate, li se determină poziția reală, prin intermediul unor tehnici multiple de corelare a locațiilor, în vederea programării și efectuării reparațiilor. Pentru anumite zone cu risc ridicat de producere a avariilor, pot fi instalate permanent logger-e de sunete ca și modalitate alternativă de identificare a pierderilor.

De asemenea, contorizarea inteligentă este o soluție care reprezintă un pas important în vederea introducerii digitalizării în furnizarea serviciului - ceea ce reprezintă viitorul (și) acestui sector. Contorizarea inteligentă permite o mai mare acuratețe și diversificarea datelor colectate (permițând analize utile și mai puternice) precum și transmiterea și prelucrarea acestora în timp real.

O limitare este dată de numărul mare de echipamente necesare, ceea ce solicită investiții mari, implementarea acestei soluții depinzând de accesarea de fonduri nerambursabile, însă producția de apă facturată va crește datorită preciziei de înregistrare a cantității de apă potabilă consumată. Din experiența similară a operatorilor care au implementat contorizarea inteligentă, creșterea consumului înregistrat a fost semnificativă (>20%).

### **3. Studiu de caz**

Procesul de detectare și prelocalizare a pierderilor funcționează pe principiul că la patrunderea de apă cu viteză prin orificii, se produce un zgomot cu o anumită frecvență, amprentă ce poate fi recunoscută atât de urechea umană cât și utilizând echipament digital. Consumul uzual indică anumite plaje în amplitudinea și frecvența parametrilor de zgomot ai debitului de la nivelul sistemului de distribuție. Pe de altă parte, pierderile produc anumite sunete cu amplitudine și frecvență constante.

Sunetul caracteristic unei pierderi este transmis prin pereții conductelor, prin coloana de apă și prin sol. Conductele din metal favorizează cea mai bună transmisie, în vreme ce conductele din plastic nu oferă această facilitate. De asemenea, solul are proprietăți de transmisie variate. Cea mai bună

modalitate de sporire a capacității de identificare a sunetelor specifice pierderilor este ascultarea vanelor, a hidranților, a contoarelor și a altor puncte din sistemul de distribuție.

O descoperire mai recentă o constituie logger-ul de sunete, destinat să fie instalat în anumite locații și programat să măsoare și să înregistreze sunetele produse la nivelul conductelor situate într-un anumit cartier în mijlocul nopții. Logger-ele sunt cercetate periodic pentru a nota sunetele produse de pierderi. Când acestea sunt raportate, compartimentul dedicat acestei activități le determină poziția reală, prin intermediul unor tehnici multiple de corelare a locațiilor, în vederea efectuării reparațiilor. Pentru zonele speciale, pot fi instalate permanent logger-e de sunete ca și modalitate alternativă de identificare a pierderilor. Instalarea logger-elor acustice de detectare a pierderilor este o modalitate alternativă introdusă în ultima decadă.

Indicarea exactă a pierderilor este un proces ce necesită toate tehnicile disponibile echipei de detectare a pierderilor, pentru a identifica poziția exactă a pierderii.

Abordarea tipică include următoarele etape:

- Instalarea unui set de logger-e ale sunetelor pentru a determina strada sau blocul unde ar putea fi localizată pierderea.

- Utilizarea unui corelator de-a lungul conductei, pentru a determina locația exactă în conductă. Diferiți corelatori ar putea fi utilizați deoarece fiecare poate furniza informații diferite.

Utilizarea unui dispozitiv electronic de ascultare poate a indica pierderea ce poate fi situată la nivelul unei conducte, a unei îmbinări sau a unui branșament.

Aceste aparate pot fi instalate permanent pentru a monitoriza și pentru a înregistra zgomotul rezultat în urma producerii pierderilor, când acesta este detectabil. Dispozitivele sunt de obicei instalate din 300 m în 300 m pe conductă iar datele înregistrate pot fi descărcate într-un computer, pentru efectuarea unor analize ulterioare.

Compartimentul de detectare pierderi a efectuat inițial o serie de teste, logger-ii montați reprezentând noua generație de [corelatoare](#) cu logger și sistem telemetric de transmitere. Acestea combină un senzor de procesare zgomot și un sistem telemetric într-o singură unitate compactă, existând posibilitatea de a oferi o hartă a pierderilor în interfața GIS împreună cu toate facilitățile corelării și suportului audio complet.

*Caracteristici și beneficii ale echipamentelor*

- singură unitate compactă - combină senzorul de procesare zgomot și sistemul de telemetrie într-un singur echipament modular;

- Aplicație dedicată amplasării pe teren, pentru o instalare rapidă și precisă;
- Compatibilitate Bluetooth - programare via Bluetooth în aplicația sau software-ul dedicate;
- User friendly – ușor de utilizat și instalat pentru amplasare pe teren eficientă. Software-ul oferă corelare, vizualizare pe hartă, interfață GIS;

- Costuri reduse pentru achiziționare și instalare în masă;
- Antene externe pentru îmbunătățirea puterii semnalului;
- Cea mai nouă tehnologie, proiectată cu cea mai recentă tehnologie pentru mobil în vederea maximizării dial-ului și minimizării costurilor;
- Flexibilitate - disponibil cu opțiune 3G.

Pe data de 19.11.2021, au fost montați un număr de 3 loggeri pe str. Victoria Centru pietonală (Figura 1) și 3 loggeri pe str. Ștefan cel Mare (Figura 3), în Municipiul Tg.-Jiu.



**Figura 1.** Str. Victoria Centru



**Figura 2.**



**Figura 3.** Str. Ștefan cel Mare

Având în vedere natura conductelor, faptul că acestea sunt noi, schimbate, material PE, nu au fost înregistrate și identificate zgomote deosebite, fapt care să indice eventuale pierderi de apă în zona investigată.

Pe data de 24.11.2021 aceste aparate au fost relocate, 3 logger-i pe str. 9 Mai (Figura 4) și 3 loggeri pe str. A. I. Cuza (Figura 7) , după cum urmează:



Figura. 4 Str. 9 Mai



Figura 5

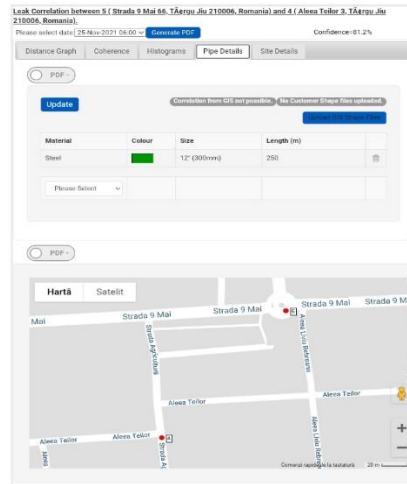


Figura 6



Figura 7. Str. A.I. Cuza

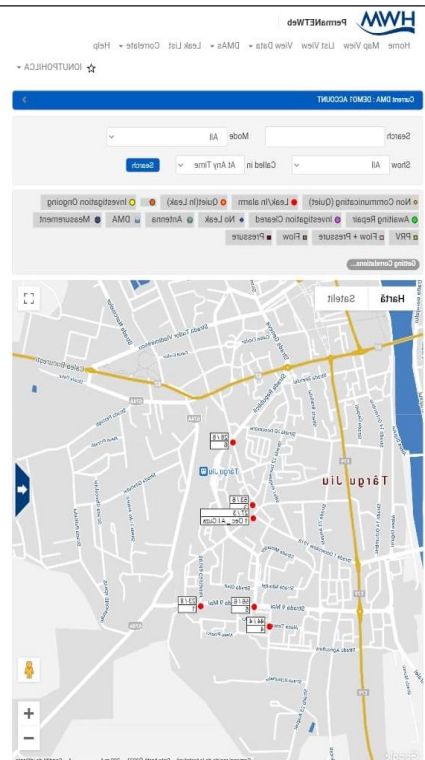
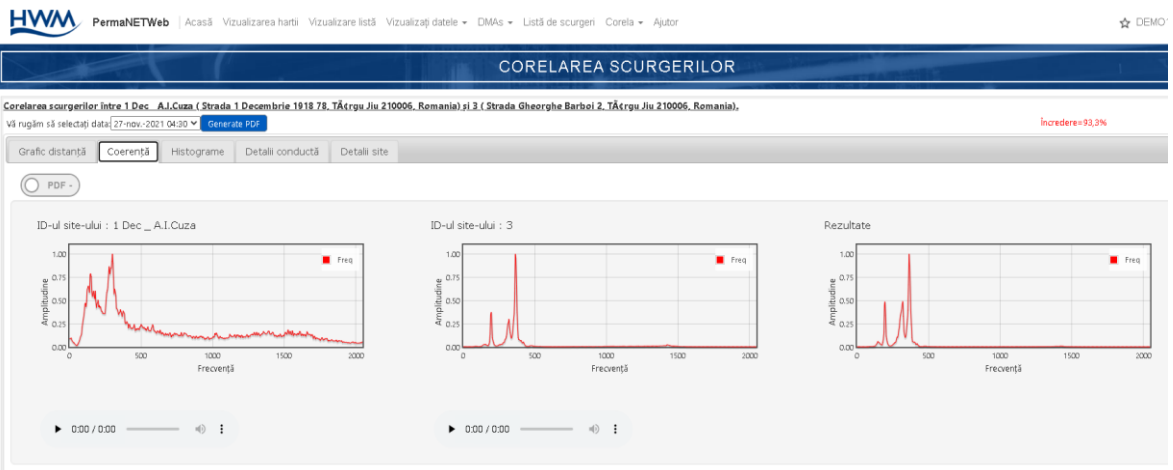


Figura 8



**Figura 9.**

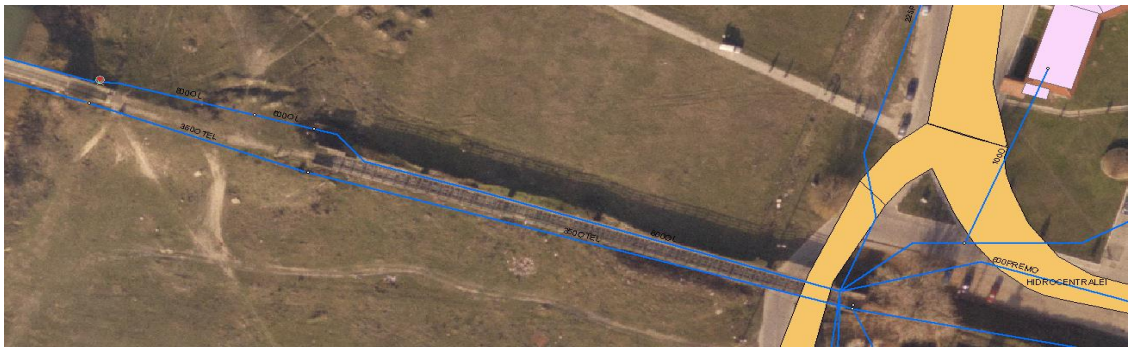
Prin descărcarea datelor și interpretarea rezultatelor (Fig. 9), a fost identificată o pierdere de apă în intersecția str. 1 Decembrie 1918 cu str. A.I.Cuza, avarie care a fost remediată de personalul CED Tg.-Jiu.

După remedierea defecțiunii, au fost corelate din nou semnalele-zgomotele generate de tranziția apei prin conductă și înregistrate de loggeri, a fost generată o nouă posibilă scurgere de apă în vecinătatea intersecției str. A.I.Cuza cu b-dul. Republicii. A urmat ascultarea cu ajutorul microfonului de sol – aquafon, a fost identificat un zgomot generat de robinetul hidrantului montat în zonă. Prin manevre de închidere și deschidere repetată a robinetului, acest zgomot a dispărut.



**Figura 10.** Hidrant str. A.I.Cuza

Tot în data de 24.11.2021 a fost montat și un logger de presiune, în căminul de vane și regulator, pe conducta de alimentare cu apă a orasului DN 800, zona nord, prelungire str. Hidrocentralei, la trecerea râului Jiu (Fig. 11).



**Figura 11.**



**Figura 12.**

Pe data de 08.12.2021 au fost montați 2 loggeri de zgomot pe str. 11 Iunie, în căminele de vane aferente conductei (Figura 13).

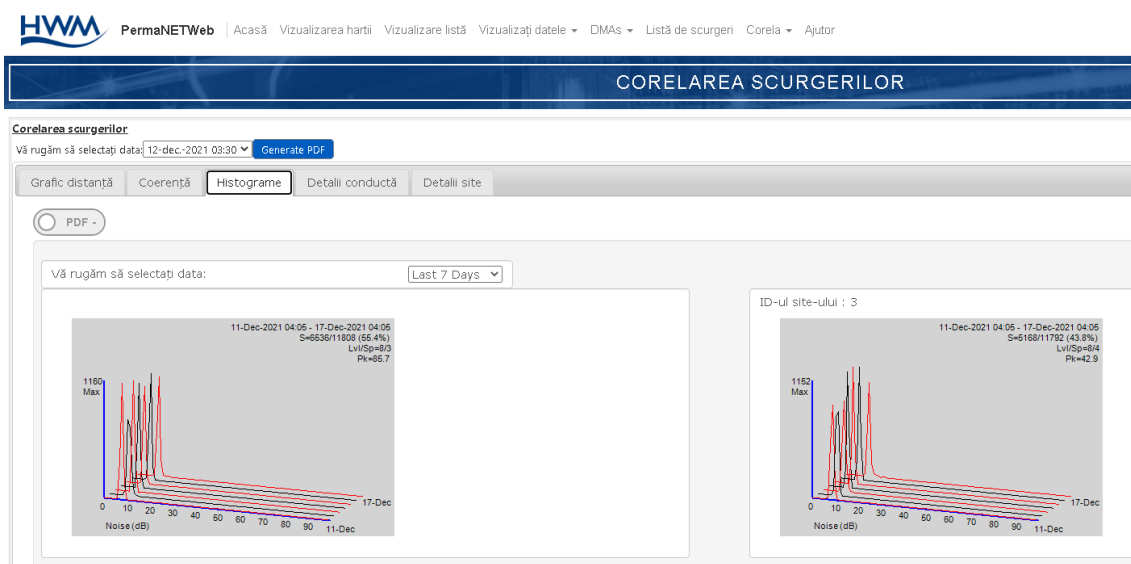


**Figura 13**



**Figura 14.** Str. 11 Lunie, intersecția cu b-dul Ec. Teodoroiu

Prin efectuarea de corelări și descărcări ale datelor înregistrate de către cei doi loggeri, au fost identificate două pierderi de apă. Una în intersecția str. 11 Lunie cu str. V. Alecsandri (Fig. 15), bransament alimentare biserică, avarie remediată de către personalul CED Tg-Jiu. A doua pierdere de apă, identificată și prin ascultarea cu aquafonul din dotare, a fost depistată în intersecția cu b-dul Ec. Teodoroiu, defecțiune comunicată personalului de la CED.



**Figura 15**

#### 4. Concluzii

Beneficiile centralizatoarelor permanente de zgomot sunt evidente, și anume:

- Rețeaua este monitorizată permanent;
- Pot fi identificate mai multe surse de pierderi;
- Sursele de pierderi sunt descoperite în momentul în care datele sunt descărcate;
- Intervenția în cazul identificării unei pierderi este mai rapidă;
- Activitatea dispozitivelor este independentă față de cea a apometrelor ;
- Nu este necesară deschiderea - închiderea vanelor;
- Nu este necesară stabilirea DMA-urilor.

Localizarea pierderii este procesul prin care zona pierderii este determinată ca rezultat al monitorizării permanente a rețelei, de obicei împărțita în "Zone de Măsurare Regionale" (DMA). Pentru acesta se monitorizează o serie de parametri:

- Debitele, în special cele pe timp de noapte;
- Presiunea;
- Defectele raportate la dispecerat;

- Modificarea rețelei prin extinderi.

Un bun management al pierderilor de apă contribuie activ la realizarea obiectivelor asumate, însă el depinde nu numai de identificarea priorităților de reabilitare ale rețelelor și de îmbunătățirea procedurilor și practicilor de exploatare, dar totodată și de introducerea unor metode și practici eficiente pentru evaluarea, monitorizarea și controlul principalelor elemente ale apei care nu aduc venituri: pierderi reale, pierderi aparente și consum nefacturat, digitalizarea acestui proces fiind un demers obligatoriu.

## Gestionarea infrastructurii de apă și canalizare în contextul diminuării și epuizării resurselor

27-28.10. 2022, București

Conferința Tehnico-Stiințifică



### Nămolul provenit din stațiile de epurare a apelor uzate municipale, resursă regenerabilă pentru fosfor

Bauer Csaba <sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Compania Aquaserv, Str. Kos Karoly 1, 5402987, Târgu Mureș, România

\* Autor pentru corespondență: csbauer@aquaserv.ro

**Rezumat scurt:** Fosfatul natural, minereul catalogat de Comisia Europeană materie primă critică, poate fi substituit de nămolul municipal, pe seama conținutului atractiv de fosfor al acestuia și existenței tehnologiilor de recuperare, disponibile la scară industrială. Sunt prezentate noile reglementări în vigoare din Germania, privind obligativitatea operatorilor stațiilor de epurare municipale de recuperare a fosforului din nămolul municipal. Disponibilitatea tehnologiilor de recuperare a fosforului crează premisele transformării nămolului municipal dintr-un deșeu într-o materie primă valoroasă.

**Cuvinte cheie:** fosfor, nămol municipal, recuperare

#### Introducere

Conformarea sistemelor de apă uzată la prevederile Directivei de apă uzată 91/271/CEE, prin extinderea sistemelor de colectare, respectiv epurarea apelor uzate la parametrii calitativi impuși, conduce la creșterea semnificativă a cantităților de nămol rezultate.

Cantitățile crescute de nămol pun operatorii stațiilor de epurare municipale în fața unor provocări mari, pentru identificarea și implementarea acelor soluții care permit eliminarea sau valorificarea nămolurilor municipale. Viziunea, conform căreia nămolul municipal este deșeu procesului de epurare, este în schimbare. Această schimbare este bazată pe posibilitățile de valorificare dezvoltate în vederea reîntoarcerii în economie a diferitelor valori înglobate în nămol.

Datele tabelului din Figura 1. [1] arată evoluția producției de nămol din România, creșterea fiind în legătură directă cu datele de finalizare a proiectelor de infrastructură în apa uzată în localitățile mari (ISPA), respectiv în orașele medii (POS Mediu).

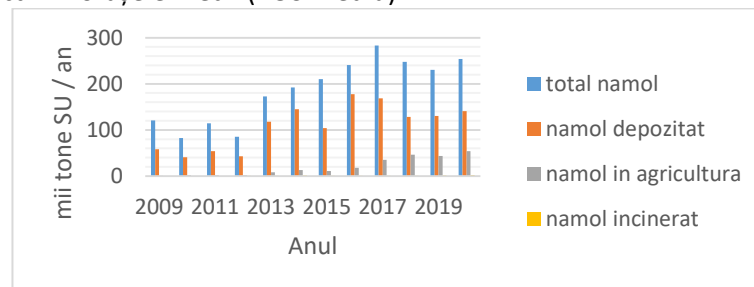


Figura 1. Evoluția producției de nămol în România.

De asemenea putem observa că principala variantă de eliminare a nămolului în România este încă depozitarea în depozitele de deșeuri municipale, cantitatea reprezintă peste jumătate din producția totală de nămol. Valorificarea agricolă capătă teren, situându-se în 2020 la cca 20% din producția totală de nămol. Valorificarea energetică este în fază incipientă, cu un procent de sub 1% din producția totală de nămol.

### Fosforul din natură și din apele uzate

Fosforul se găsește în natură sub formă minerală, în apatită și fosforită. Pe lângă utilizările sale multiple industriale, în principal ca și îngrășământ chimic, compușii fosforului se utilizează și în industria prelucrării metalelor ca agent de pasivizare, la fabricarea nutrețurilor animale, în industria alimentară, în industria farmaceutică și la fabricarea diferitelor produse cosmetice.

Pe lângă utilizările sale industriale multiple este și un element important al vieții. Corpul uman conține peste 700 grame de fosfor, regăsit preponderent în sistemul osos. De asemenea intră în structura ADN-ului și este un tampon sanguin.

Fosforul este preluat de organismul uman din proteinele naturale, dar și din alimentele procesate, compușii fosforului fiind folosiți în industria alimentelor ca antioxidanți, conservanți și aditivi alimentari.

Apa uzată menajeră conține în medie 5-11 mg/l fosfor total [2], care este eliminat în procesul tehnologic de epurare a apelor uzate, în funcție de mărimea stației de epurare, până la valoarea de 1-2 mg/l. Fosforul reținut se va regăsi în nămolul de proces, cu valori uzuale de 1,5-4%, reportată la substanța uscată totală din nămol. În urma procesului de incinerare, fosforul se concentrează, astfel încât în nămolul municipal rezultat din procesele de monoincinerare se ating valori 3-8% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, devenind astfel cenușa suficient de atractivă pentru valorificări ulterioare.

### Deficitul de fosfor – motivul recuperării

Așa cum s-a prezentat, acidul fosforic și fosfații tehnici reprezintă materii prime de bază pentru mai multe industrii. Deficitul de fosfat natural (apatită) existent pe mapamond a făcut ca să apară în 25 mai 2014 comunicarea Comisiei Europene COM(2014) 297 [3], prin care reactualizează lista materiilor prime critice, în care fosfatul natural apare între primele 6 materii prime critice.

Indicele de sustenabilitate, definit de actul de reglementare menționat, pentru fosfatul natural este de 0,98 pe o scară de 0-1, unde 1 înseamnă cel mai puțin sustenabil. În privința ratei de reciclare valoarea este de 0%. Pe lângă valoarea defavorabilă a indicatorilor de sustenabilitate și de reciclare, distribuția pe glob a rezervelor naturale de fosfați este și ea defavorabilă Europei. Așa cum se poate observa din figura 6, majoritatea fosfatului natural se concentrează în Maroc, Sahara de Vest și China.

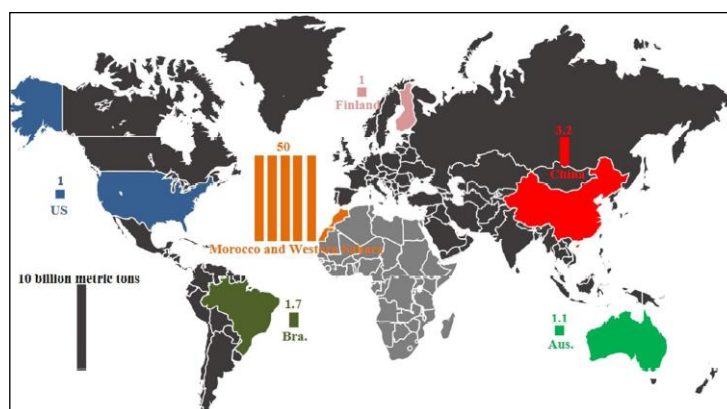


Figura 2 - Modul de răspândire a rezervelor de fosfat natural pe glob [8].

Ținând cont de acest context general legat de fosfor, în Germania a apărut o nouă ordonanță referitoare la nămol și a fost transmisă Comisiei Europene prin Notificarea 2016/514/D [4]. Aceasta a fost aprobată în 27 decembrie 2016 și pusă în aplicare în Germania începând cu 1 ianuarie 2018. În esență principalele modificări sunt următoarele:

- Este obligatorie recuperarea fosforului din nămolul generat de toate stațiile de epurare din Germania, cu o mărime ce depășește 50.000 locuitori echivalenți. Aceasta afectează cca. 500 de stații

de epurare, din totalul de cca. 9300 [5]. Aceste stații sunt obligate ori să recupereze fosforul din nămol, dacă conținutul de fosfor este de peste 2%, raportată la substanța uscată totală, ori să incinereze nămolul în mono-incineratoare, adică în incineratoare dedicate exclusiv nămolului. Specialiștii estimează că în nămolul celor 500 de stații se înglobează cca. 66% din totalul fosforului reținut din apele uzate din Germania.[5].

- Stațiile de epurare cu o mărime de peste 100.000 L.E. trebuie să se conformeze la cerința de recuperare a fosforului până cel târziu în anul 2029.

- Stațiile de epurare cu mărimea cuprinsă între 50.000-100.000 L.E. au termenul de conformare sfârșitul anului 2032.

- Toate stațiile de epurare care fac obiectul acestor reglementări trebuie să prezinte autorităților conceptul de recuperare al fosforului până în decembrie 2023.

În aceste condiții, estimările pentru Germania arată că va rezulta o cantitate de cenușă de cca. 1,2 milioane tone pe an, reprezentând aproape 100.000 tone de fosfor. Cu o rată de recuperare a fosforului de 90 %, aceasta înseamnă că la nivelul unui an se vor recupera cca. 90.000 de tone de fosfor, acesta echivalând cu 8% din fosforul vândut azi în îngrășămintele chimice în Germania.

### Metoda recuperării umede

Una dintre metodele de recuperare a fosforului este cea prin metoda umedă, a cărei schemă de principiu este prezentată în Figura 3.

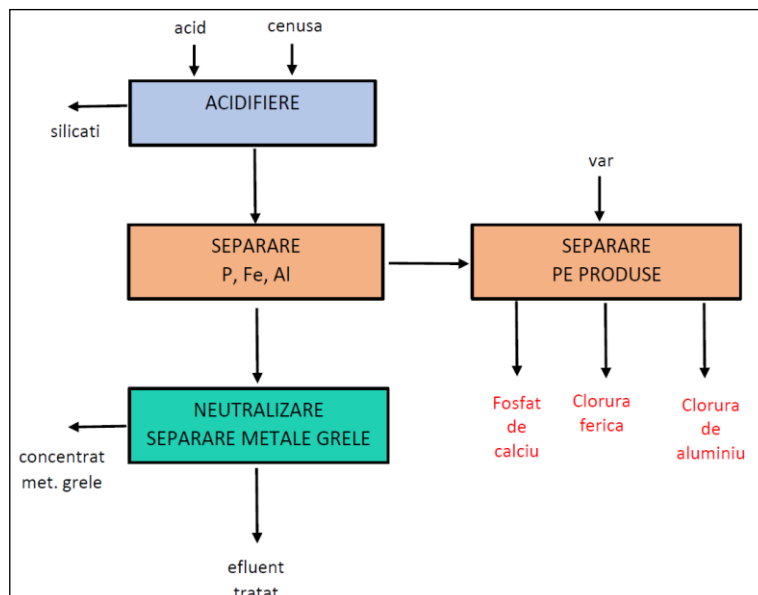
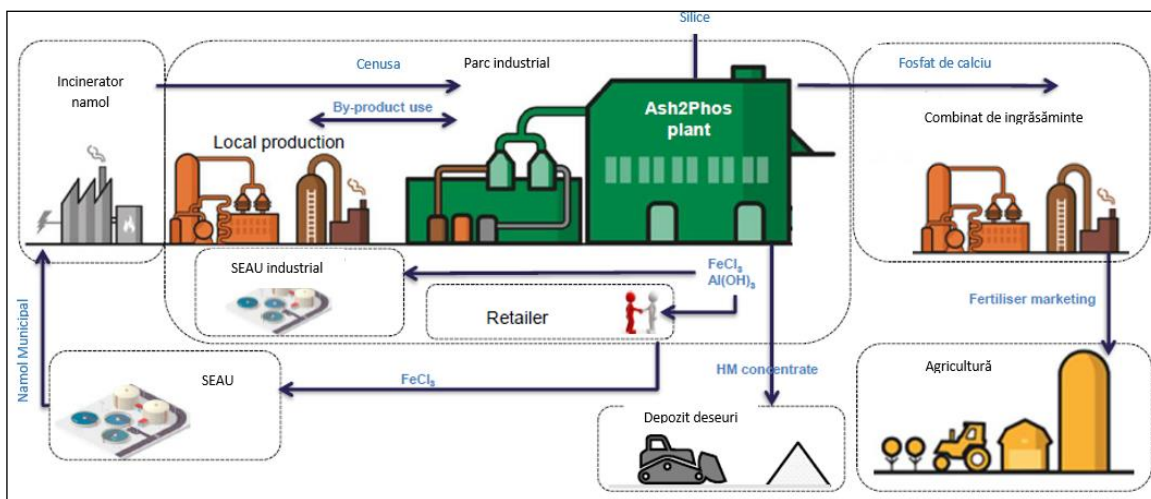


Figura 3 – Metoda recuperării umede a fosforului [6].

Procesul chimic de recuperare umedă a fosforului are la bază cenușa de nămol. Aceasta este amestecată cu acid clorhidric, urmată de separarea amestecului de materiale recuperabile (P, Al, Fe) aflate în soluție și a silicaților insolubili. Prin adăos de var se separă fosfatul de calciu, clorura ferică și clorura de aluminiu. Metalele grele sunt separate de efluentul tratat. Metoda este caracterizată prin flexibilitate la parametrii calitativi ai cenușii. Metalele grele, Al și Fe nu rezultă într-un amestec, ele sunt separate, iar fosfatul rezultat este curat, aplicabil și în industria alimentară, fără să fie necesare purificări suplimentare.

Un exemplu de economie circulară și simbioză industrială este prezentată în Figura 4.



**Figura 4** – Exemplu de economie circulară prin tehnologia Ash2<sup>®</sup> Phos [7].

## Concluzii

Cenușa rezultată din incinerarea nămolului este o resursă regenerabilă pentru fosfor.

În contextul deficitului de minereu de fosfor de pe glob, recuperarea la scară industrială a fosforului din cenușa de nămol, este o soluție aplicabilă.

Sunt disponibile mai multe tehnologii consacrate de recuperare a fosforului din cenușă.

În perspectiva apropiată este de așteptat, ca pe modelul Germaniei, să apară reglementări specifice chiar la nivelul întregului UE, care să prevadă obligativitatea recuperării fosforului din nămolul municipal.

Operatorii stațiilor de epurare vor trebui să implementeze acele procese specifice de prelucrarea nămolului, care să aducă nămolul într-o formă în care recuperarea fosforului să fie posibilă.

## Referințe

- [1] <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ten00030/default/table?lang=en>
- [2] Normativ de reglementare tehnică NP133-2011
- [3] Sewage sludge ordinance 2016/514/D. (<https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/tris/en/index.cfm/search/?trisaction=search.detail&year=2016&num=514&mLang=RO>)
- [4] Comunicarea (2014) 297. <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2014/RO/1-2014-297-RO-F1-1.Pdf>
- [5] [http://www.bmub.bund.de/presse/pressemitteilungen/pm/artikel/deutschland-soll-phosphor-aus-klaerschlam-gewinnen/?tx\\_ttnews%5BbackPid%5D=82](http://www.bmub.bund.de/presse/pressemitteilungen/pm/artikel/deutschland-soll-phosphor-aus-klaerschlam-gewinnen/?tx_ttnews%5BbackPid%5D=82)
- [6] Prezentare Christian Kabbe, EasyMining
- [7] <https://www.easymining.se/technologies/ash2phos/>

**Gestionarea infrastructurii de apă și canalizare în contextul diminuării și epuizării resurselor**  
**27-28.10. 2022, București**

Conferința Tehnico-Stiințifică



**Strategia nationala de transformare a stațiilor de epurare convenționale în stații de epurare hibride cu inteligență artificială și cu emisii CO<sub>2</sub> zero- obiectiv Green Deal al CE**

**Constantin Damian<sup>1</sup>, Ioana Bercu<sup>1\*</sup>**, SC KEMA TRONIC SRL,

<sup>1</sup>SC KEMA TRONIC SRL, Baia Mare, 430221, Romania

\*kematronic@yahoo.com

**Rezumat :** Preocupările legate de costuri și de emisiile de gaze cu efect de seră devin din ce în ce mai mult forțe motrice majore către o utilizare mai eficientă a energiei pentru tratarea apelor uzate. Acest articol descrie câteva inițiative pentru economisirea energiei și a altor resurse valoroase în apele uzate, captarea CO<sub>2</sub>, vizând obiectivele de state de epurare cu energie netă zero și zero emisii de CO<sub>2</sub> în timpul epurării apelor uzate.

**Cuvinte cheie:** captare CO<sub>2</sub>, nanotehnologie, tratare hibridă a apelor uzate , recuperare de energie, Zero energie neta, Zero emisii de CO<sub>2</sub>

**1. Introducere**

Firma KEMA TRONIC SRL din Baia Mare este specializată în proiectarea și realizarea de stații de epurare convenționale cu nămol activ. De câțiva ani firma a căutat tehnici de reducere a costului de operare, pentru a crea condiții de competitivitate pe această piață.

S-au descoperit tehnologii de proveniență Germania: dezintegrarea ultrasonică și dezintegrarea electrocinetică, ambele soluții tehnice fiind utilizate pentru reducerea producției de nămol în exces. De obicei într-o stație de epurare din Germania se folosește una dintre aceste tehnologii.

Pentru primul proiect din România, stația de epurare Târgu Secuiesc, stație pentru o populație echivalentă de 30.000 de persoane, firma KEMA TRONIC a folosit ambele tehnologii pentru tratarea nămolului recirculat și pentru tratarea nămolului în exces. S-a câștigat licitația cu aceasta soluție. Stația este în exploatare de peste 7 ani și rezultatele sunt foarte bune. Față de recomandările producătorilor pentru ambele tehnologii, prin amplasarea simultană și sinergică, s-a obținut creșterea biodegradabilității substanței organice greu degradabile, astfel stația de epurare rezolvă epurarea NH<sub>4</sub>, care este peste limitele standard, prin asigurarea de carbon suplimentar.

O altă stație de în care este folosită combinația celor două tehnologii este stația de epurare Danutoni Petroșani, cu o capacitate de 125.000 persoane; stația este în exploatare de șase ani, cu aceleași rezultate ca la stația de epurare Târgu Secuiesc. În plus, în treapta anaeroba se obține o cantitate de biogaz cu 30% mai mare decât în stația convențională, astfel încât vara se asigură 80% din necesarul de energie electrică al stației. Energia electrică este produsă prin cogenerare în interiorul stației.

## 2. Descrierea tehnologiei si performantelor acesteia

Pe baza celor două experiențe anterioare, firma a gândit o nouă metoda de epurare și tratare nămol- NANOTERMO-bazată pe recircularea apei de epurat/ nămolului printr-o instalație compusă din:

- dispozitiv de producție microbule de aer cu injector Venturi
- echipament de dezintegrare ultrasonică
- echipament de dezintegrare electrocinetică cu descărcare de înaltă tensiune în impulsuri de înaltă frecvență

S-a proiectat și realizat o instalație pilot cu aceste componente și s-a obținut aprobarea unui proiect de cercetare pe programul *Neptune* al CE. După cercetarea realizată timp de șase luni la stația de epurare Cluj Napoca , a rezultat soluție tehnologică ce asigură:

- După două zile de tratament -epurarea apei brute măsurată în CCO și CBO5 în limitele 65 - 70%
- După două zile de tratament -reducerea nămolului, măsurată în CCO și CBO5 în limitele 60-65%.

A rezultat clar că această tehnologie permite epurarea apelor uzate fără producție nămol cu consum energetic substanțial mai mic față de tehnologia convențională.

Pentru cercetarea mai aprofundată , KEMA TRONIC împreună cu Ecoind București au obținut în 2018 finanțarea în programul POC pentru o perioadă de 18 luni, la stația de epurare Focșani , folosind pentru cercetare aceeași instalație pilot folosită la stația de epurare din programul *Neptune*. Urmare lucrărilor de cercetare , au rezultat :

- confirmarea efectelor asupra nămolului a celor două tipuri de dezintegrare împreună și separat,
- confirmarea eliminării pesticidelor, hormonilor, farmaceuticelor din apa de nămol după o zi de tratament
- confirmarea sterilizării apei de nămol , cu eliminare viruși, bacterii, după un tratament de o zi și
- separat sterilizarea obținută prin tratarea la 70 de grade Celsius timp de 24 de ore

A rezultat astfel că KEMA TRONIC dispune de o soluție tehnologică originală de epurare apa fără a produce nămol activ și, dacă e nevoie la stații existente, tratare nămol . În consecință s-a întocmit cererea de brevet , care este în curs de aprobare

De asemenea din cercetare a rezultat o tehnologie de extragere struvit (complex cu amoniu, fosfor)- îngrășământ natural pentru agricultura .

Din analiza rezultatelor cercetării au mai rezultat :

- a. tehnologia de introducere aer sub formă de Micro bule de aer în lichid, care apoi este supus efectului undelor ultrasonice și apoi avalanșei de electroni generate de descărcarea de înaltă tensiune. Se formează Nano Bule de aer prin efectul hidraulic al undelor de presiune generate de implozia nano bulelor de cavitație generate de cele două echipamente de dezintegrare. A rezultat că această soluție tehnică cu injecție de aer este o Nano- tehnologie generatoare de nanobule de aer fără cavitație, cu un consum de energie foarte mic
- b. tehnologia amplifică efectele de epurare fără producție de nămol , ca urmare a generării suplimentare de radicali liberi
- c. prin electro oxidare avansată (EAOP) în cursul imploziei nanobulelor de cavitație și de hidro dinamică se produc temperaturi de 5000° Celsius și presiuni de 500 Bari.
- d. Nano bulele de aer hidrodinamice produc înainte de colaps oxigenarea apei și producția de nămol activ. Nano bulele de aer rămân în apă timp de patru luni
- e. Microparticulele de solid din plastice, PFA și nămol devin germeni de cavitație, accelerând procesul. Particulele vor fi cuprinse în nanobulele de aer și în urma imploziei acestora vor fi supuse efectului de piroliză la 5000 ° Celsius, rezultând dezintegrarea acestora. Astfel se produce epurarea și a microparticulelor de plastic din apă și distrugerea nămolului activ produs anterior.

Pentru verificarea acestor rezultate, s-a proiectat și realizat stația de epurare a comunei Dumbrava Timiș , capacitate 900 persoane, cu tehnologia hibridă 50% nanotehnologie NANOTERMO și 50% cu tehnologie bio filtru fix și aerare cu bule fine. Stația de epurare este în funcțiune de 12 luni, funcționând perfect cu zero producție de nămol.

### 3. Noi dezvoltari- tehnologia NANOTERMO

Având în vedere aceste date , propunem realizarea unei *STRATEGII NATIONALE DE TRANSFORMARE A STAȚIILOR DE EPURARE CONVENȚIONALE ÎN STAȚII DE EPURARE HIBRIDE CU TEHNOLOGIE NANOTERMO, CU ZERO EMISII DE CARBON.*

Obiectivele strategiei vizeaza evitarea creșterii prețului apei epurate ca urmare a costului certificatului CO<sub>2</sub> si consta in :

I. introducerea tehnologiei NANOTERMO în treapta biologică pentru 50% din epurare, fără modificarea construcției existente, în scopul reducerii însemnate a consumului de energie electrică și a producției de CO<sub>2</sub>. Detalierea este prezentată în tabelul 1 mai jos

II. introducerea tehnologiei de tratare nămol NANOTERMO pentru stațiile aerobe și anaerobe cu efectele prezentate în tabelul 1

III. introducerea tehnologiei NANOTERMO pentru tratarea apei epurate și transformarea acesteia în îngrășământ lichid prin integrarea CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, Ozon și H<sub>2</sub> rezultate din tehnologia NANOTERMO, Precizam ca apa epurata contine si oligoelementele necesare pentru ingrasamant.

Precizăm că dispozitivul Venturi absoarbe aer de deasupra stației de epurare, aer care conține CO<sub>2</sub> și N<sub>2</sub> produs de stația de epurare; astfel se realizează captarea, stocarea si recircularea CO<sub>2</sub> și N<sub>2</sub> produs de stația de epurare. Nano bulele de gaz rămân patru luni de zile în lichid.

IV. utilizarea acestui produs îmbogățit pentru următoarele aplicații :

1) producția de alge în spatiile eliberate de tehnologie NANOTERMO sau in alte spatii

Algele vor fi surse de biomasă pentru fermentarea anaerobă și producția de biogaz și producția de energie electrică și energie termică în fermentatoarele existente ; datorită tehnologiei NANOTERMO fermentatoarele existente vor produce biogaz în 14 zile în loc de 20 de zile și cu 40 -50% mai mult biogaz. Astfel electrică produsă va fi suficientă pentru toată stația de epurare

2) producția de alge pentru pigmenți, uleiuri, produse farmaceutice, alimente pentru animale păsări, îngrășăminte agricole

3) producția de pește

4) apă de irigație pentru plante energetice ; plantele energetice pot fi fermentate în fermentatoare existente. Se asigură prin Oxifertigare creșterea cu 30% a producției

V. transformarea stației de epurare (>20 000 PE) aerobă în stația de epurare anaerobă cu fermentare în scopul producției de energie electrică și termică necesare funcționării stațiilor de epurare și cultivării algelor

VI. producția de alimente cu apa îmbogățită cu CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, Ozon, și H<sub>2</sub>, oligoelemente (îngrășământ lichid ) se obține o producție de alimente cu 30% mai mare decât convențional in sere verticale sau orizontale

VII. irigarea în agricultură orizontală cu aceeași apă îmbogățită tot pentru creșterea producției agricole

Această apă îmbogățită este fără pesticide hormoni farmaceutice , microplastice, PFA, sterilizată fără clor ca urmare a efectului NANOTERMO

**Tabelul 1.** Introducerea tehnologiei NANOTERMO- comparatie cu tratarea conventionala.

	<b>Statie de epurare conventionala</b>	<b>Strategia de transformare a stațiilor de epurare convenționale în stații de epurare hibride cu inteligență artificială și cu emisii zero de CO<sub>2</sub></b>	<b>Efecte strategie</b>
A	Temperatura apei uzate pentru epurarea biologică eficienta să fie mai mare de 12° Celsius	Înlocuirea totală sau parțială a tehnologiei convenționale cu tehnologia de electro oxidare avansată fără producție de nămol în exces este independentă de temperatură	
B	Epurarea biologică se face în bazine de aerare cu nămol activ, pentru care se consumă energie electrică pentru	Tehnologia NANOTERMO este fiabila, fezabilă și verificată.	Reducerea consumului de energie electrică cu 47% pentru descompunerea substanței organice cu

	descompunerea substanțelor organice în CO <sub>2</sub> ; rezultă CO <sub>2</sub> care se emite în aer		conținut de carbon și în consecință reducerea cu 47% a CO <sub>2</sub> rezultat din producere energie electrică pe bază de combustibili fosili
C	Epurarea amoniului se face în bazine de nitrificare și denitrificare care consumă energie electrică pentru descompunerea acestuia în azot gazos care se evacuează în aer	Introducerea în bazinele existente a tehnologiei NANOTERMO pentru 50% din încărcarea organică asigură și reducerea amoniului cu 25%	Consumul de energie electrică pentru nitrificare denitrificare se reduce ca urmare al descompunerii prin Electro oxidare avansată a 25% din în NH <sub>4</sub> din apa uzată; astfel se reduce și combustibilul necesar pentru producția de energie electrică în acest scop
D	Descompunerea fosforului se face biologic combinat cu precipitarea chimică. Namolul rezultat din precipitare va conține fosfor care este considerat deșeu	Descompunerea fosforului se face biologic combinat cu precipitarea chimică. Namolul rezultat din precipitare va conține fosfor care este considerat deșeu	
E	Din epurarea biologică a substanțelor organice rezultă namol biologic; acest nămol este considerat deșeu și este tratat cu procese consumatoare energie electrică, procese care asigură stabilizarea și diminuarea acestor cantități de nămol ; se consumă energie pentru transport, depozitare și se emite CH <sub>4</sub>	Tehnologia NANOTERMO nu produce nămol activ ; epurarea se realizează prin electro -oxidare avansată, deci producția de nămol activ se reduce substanțial: 50% direct prin înlocuirea parțială a treptei biologice și se mai reduce 20% prin electro -oxidare avansată pentru că nămolul biologic produs prin aerarea cu nanobulele de aer este recirculat și supus efectelor de dezintegrare electrocinetică și dezintegrare ultrasonică ( total reducere nămol în exces 70%). De asemenea nămolul în exces redus poate fi supus în continuare tehnologiei NANOTERMO prin recirculare ; astfel vor fi următoarele faze tehnologice sinergice: <ul style="list-style-type: none"> <li>• hidroliza termică la 70°C cu căldura recuperată și amplificată cu pompă de căldură din apa epurată,</li> <li>• hidroliza generată de nanobulele de azot produse în treapta biologică,</li> <li>• dezintegrarea electrocinetică combinată cu dezintegrarea ultrasonică</li> </ul> Urmare acestui tratament se reduce cantitatea de nămol	Reducerea cu 70% a nămolului în exces va determina reducerea consumului de energie electrică pentru tratarea nămolului-îngroșarea, hidroliza, deshidratarea cu 70% ; in consecință și CO <sub>2</sub> produs pentru energia electrică din combustibil fosil se reduce cu 70%. Total reducere energie electrică din combustibili fosili 47% și reducere CO <sub>2</sub> 47 %. Efectul de reducere a nămolului în exces pe toate stația este 70% din nămolul produs de o stație de epurare convențională
F <sub>1</sub>	Tehnologia de tratare nămol pentru stațiile de epurare aerobe este stabilizarea biologică a nămolului; acest nămol are în compoziție pesticide, hormoni și farmaceutice ; folosirea lui ca îngrășământ este riscantă	Rezultatul introducerii tehnologiei NANOTERMO la tratarea nămolului este și stabilizarea nămolului cu tehnologia EAOP; se realizează astfel reducerea pe această bază a consumului de energie electrice nămolul tratat cu NANOTERMO este stabilizat fără clor este fără pesticide hormoni farmaceutice, Viruși și bacterii	Se reduce consumul de energie electrică cu circa 7% pentru stabilizarea nămolului și cu 7% scade și cantitatea de CO <sub>2</sub> din producția de energie electrică din combustibili fosili. Nămolul, stabilizat și sterilizat , fara pesticide, hormoni, farmaceutice,

			microplastice, PFA, se poate folosi ca și îngrășământ agricol
F <sub>2</sub>	Pentru stațiile de epurare cu tratare nămol anaerob, nămolul este îngroșat la 6% substanță uscată și introdus la fermentare; se obține biogaz cu conținutul de 36% CH <sub>4</sub> și 4% CO <sub>2</sub> . Fermentarea convențională este la 37° Celsius timp de 20 de zile	Se propune introducerea tehnologiei NANOTERMO pentru nămolul în exces în următoarele faze: îngroșare nămol la 8%, hidroliza termică la 70°C cu căldura recuperată și amplificată cu pompe de căldură, dezintegrarea electrocinetică combinată cu dezintegrarea ultrasonică, fermentare la 40 °C timp de 14 zile ca urmare a accelerării fermentării, recirculare și retratare nămol fermentat ,	Crește producția de biogaz cu 40 - 50%, crește concentrația de CH <sub>4</sub> la 70%, scade concentrația de CO <sub>2</sub> la 30% , scade vâscozitatea conținutului fermentatorului și se reduce consumul de energie electrică pentru mixare și recirculare
G	Cogenerarea energiei electrice și termice din biogaz produce gaze arse la temperaturi ridicate, cu conținut mare de CO <sub>2</sub> și N <sub>2</sub>	Cogenerare energie electrică și energie termică cu biogazul produs, tratarea gazelor arse cu tehnologia NANOTERMO pentru eliminarea NO <sub>x</sub> , captarea CO <sub>2</sub> din apa de nămol , recuperarea caldurii gazelor arse cu pompă de căldură, stocarea căldurii și folosirea ei pentru hidroliza nămolului în exces și nămolului fermentat	Crește producția electrică cu 40 - 50% astfel ne apropiem de scopul de asigurare a necesarului de energie electrică pentru toată stația de epurare din producție proprie. Se recuperează căldura din gazele arse cu economii de combustibil fosil pentru hidroliza termică
H	Apa de nămol de fermentare anaerobă se recirculă în bazinul de aerare pentru eliminarea NH <sub>4</sub> și fosfor	Varianta 1: Apa de nămol are temperatura de 35- 36 grade. Se tratează cu tehnologia de obținere struvit cu tehnologia brevetată (KEMA TRONIC +ECOIND), se obține un precipitat bogat în amoniu și fosfor care este îngrășământ natural. Varianta 2 : se tratează cu tehnologia NANOTERMO apa de nămol, se recuperează căldura acestei ape cu pompă de căldură, se obține un îngrășământ lichid bogat în oligoelemente, CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , NH <sub>4</sub> hidrogen	Se face economie de energie electrică pentru tratarea apei de nămol circa 7 -8%, deci scade producția de CO <sub>2</sub> care ar apărea pentru producția de energie electrică din combustibili fosili, se obține un îngrășământ natural, care înlocuiește consumul de îngrășămintele chimice pentru producția de fructe , legume, agricultură. Se reduce CO <sub>2</sub> produs la producția de energie electrică din combustibili fosili. Varianta 2: se obține un îngrășământ lichid bogat în CO <sub>2</sub> , NH <sub>4</sub> , ozon, ideal pentru creșterea legumelor și fructelor în sere orizontale și verticale sau parțial pentru creșterea algelor . Algele se pot introduce la fermentare obținându-se producție suplimentară de energie electrică și termică. Aceste soluții garantează asigurarea energiei electrice pentru funcționarea întregii stații ; de asemenea CO <sub>2</sub> produs din fermentare este captat în nano bule și este folosit pentru creșterea algelor între sere. Apa îmbogățită în CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , Ozon, fosfor va

			asigura producția de legume fructe cu 30% mai mare. Se realizeaza captarea, sechestrarea și recircularea conținutului de CO2 din fermentare
I	Apa epurată produce eutrofizarea raurilor și lacurilor prin temperaturile de 12- 24° Celsius și prin conținutul de carbon, NH4 , fosfor , admis de NTPA 001 din 2005 . Apa epurată este considerată deșeu, are un conținut ridicat de plastic	<p>Propunem ca apa epurată să fie transformată în resursă prin dotarea cu tehnologia NANOTERMO în următoarele scopuri:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• sterilizare fără clor, apă fără pesticide hormoni farmaceutice</li> <li>• recircularea oligoelementelor din apa epurata</li> <li>• apă de irigație cu oligoelemente, îmbogățită în CO2,N2,O2, ozon și hidrogen.Această apă este foarte bună pentru irigarea plantelor energetice, pentru sere verticale și orizontale, pentru creșterea peștelui microparticulele de plastic și alte solide sunt incluse în nano bulele de aer și distruse prin piroliza rezultată din implozie la 5000°C 400 bari</li> </ul> <p>Propune analiza posibilităților și a condițiilor legale ca în stația de poluare să fie incluse sere verticale care să folosească resursele stației de epurare, nutrienții, energia electrică , apa de irigație. De asemenea să se folosească și bazinele care se eliberează ca urmare a utilizării tehnologiei NANOTERMO și în acestea să fie crescute alge sau alge plus pești, toate funcționând în sinergie pentru maximizarea rezultatului de reducere a CO2</p>	<p>Apa de irigare îmbogățită în CO2 O2 N2 ozon H2 contine oligoelemente si minerale Asigura mărirea producției agricole prin Oxi fertigare cu 30% atât în agricultura exterioară cât și în serele interioare orizontale si verticale, asigura captarea sechestrarea și recircularea CO2 și N2 produs de stațiile de epurare cât și din gazele arse. Se realizează si epurarea aerului de deasupra bazinelor stației de epurare</p> <p>Unitățile de folosire a acestei ape pot fi în cadrul stației de epurare sau într-un mini parc industrial care se care să foloseasca</p> <p>Resursele oferite de stația de epurare.</p> <p>Se pot crea astfel</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• unități care sa foloseasca apa epurată ca apă de proces pentru lapte, carne, ferme de animale și păsări ,</li> <li>• unități care să folosească căldura recuperată din apa epurată și din apa de nămol ,</li> <li>• unități de producție legume și fructe care să utilizeze căldura recuperată, CO2, N2 ,</li> <li>• unități de producție unități de producție alge pentru următoarele utilizări: îngrășământ, alimente pentru animale, producție de pigment, producție de uleiuri, producție de biomasă pentru biocombustibili</li> </ul> <p>Cel mai simplu exemplu este producția de biomasă, care se introduce în fermentatoarele existente, se obține astfel biogaz care prin cogenerare produce energie electrică și energie termică</p>
J	Statii de epurare mai mici de 100 000 PE utilizeaza tehnologie aeroba	Introducerea tehnologiei anaerobă combinate cu NANOTERMO pentru stațiile de epurare mai mari de 20000	Astfel stația de epurare va produce prin cogenerare energia electrică necesară

			<p>pentru funcționarea întregii stații; se realizează astfel independența energetică a stației de epurare, cu economii foarte mari de CO<sub>2</sub> produs la fabricarea energiei electrice din combustibili fosili</p> <p>Se pot realiza combinații de stații de epurare plus sere plus creștere alge</p>
--	--	--	---

#### 4. Concluzii

Prin implementarea măsurilor I-VII, deșeurile rezultate din stația de epurare se transformă în resurse pentru unitățile de folosire a acestor resurse.

Unitățile pot fi în stația de epurare (o parte) sau sub formă de mini parcuri industriale în jurul sau în apropierea stației de epurare.

Stațiile de epurare zero carbon nu vor trebui să plătească costurile pentru certificatele CO<sub>2</sub>, care au ajuns la 100 euro/ buc , pe lângă reducerea substanțială a costurilor cu energia electrică

Apa epurată se transformă din deșeu în îngrășământ lichid steril , fără de hormoni, pesticide, hormoni, farmaceutice, bacterii, virusi , microplastice, PFA și asigură creșterea producției de alimente cu 30% prin oxifertigare și CO<sub>2</sub> simultan cu reducerea consumului de îngrășămintă chimice

#### Referințe

- [1] Angelakis, A., & Snyder, S. (2015). Wastewater treatment and reuse: Past, present, and future. *Water*, 7, 87–95.
- [2] Agarwal A, W.J. Ng, Y.u. Liu, Principle and applications of microbubble and nanobubble technology for water treatment, *Chemosphere* 84 (9) (2011) 1175–1180.
- [3] Baek, N.; Shin, U.; Yoon, J. A study on the design and analysis of a heat pump heating system using wastewater as a heat source. *Sol. Energy* 2005, 78, 427–440. doi:10.1016/j.solener.2004.07.009.
- [4] Becerra-castro C, A. Rita, I. Vaz-moreira, E. F. Silva, C. M. Manaia, and O. C. Nunes, “Wastewater reuse in irrigation : A microbiological perspective on implications in soil fertility and human and environmental health,” *Environ. Int.*, vol. 75, pp. 117–135, 2015.
- [5] Boczkaj G., A. Fernandes, Wastewater treatment by means of advanced oxidation processes at basic pH conditions: a review, *Chem. Eng. J.* 320 (2017) 608–633
- [6] Chae, K.J.; Kang, J. Estimating the energy independence of a municipal wastewater treatment plant incorporating green energy resources. *Energy Convers. Manag.* 2013, 75, 664–672. doi:10.1016/j.enconman.2013.08.028.
- [7] Darrel G. Jenerette and L. Larsen, “A global perspective on changing sustainable urban water supplies,” *Glob. Planet. Change*, vol. 50, no. 3–4, pp. 202–211, Apr. 2006 Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources. *Off. J. Eur. Union* 2018, 5, 82–209.
- [8] Egbuikwem P.N., J.C. Mierzwa, D.P. Saroj, Assessment of suspended growth biological process for treatment and reuse of mixed wastewater for irrigation of edible crops under hydroponic conditions, *Agric. Water Manag.* 231 (2020) 106034, <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106034>
- [9] Sustainable Europe Investment Plan European Green Deal Investment Plan; Technical Report; European Commission: Brussels, Belgium, 2020. Available online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0021>
- [10] Rajasulochana P., V. Preethy, Comparison on efficiency of various techniques in treatment of waste and sewage water – a comprehensive review, *Resour. Technol.* 2 (2016) 175–184.
- [11] Kimmels, A. Shower Heat Recovery: Overview of Commercially Available DWHR Systems. Meander Heat Recovery: Selpenden, Norway, 2011. Available online: [http://www.meanderhr.com/report/meanderhr\\_com\\_shower\\_dwahr\\_overview.pdf](http://www.meanderhr.com/report/meanderhr_com_shower_dwahr_overview.pdf)

- [12] Fan, W. Z. Zhou, W. Wang, M. Huo, L. Zhang, S. Zhu, W.u. Yang, X. Wang, Environmentally friendly approach for advanced treatment of municipal secondary effluent by integration of micro-nano bubbles and photocatalysis, *J. Clean. Prod.* 237 (2019) 117828, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117828>.
- [13] Temesgen T., T.T. Bui, M. Han, T.-i. Kim, H. Park, Micro and nanobubble technologies as a new horizon for water-treatment techniques: a review, *Adv. Colloid Interface Sci.* 246 (2017) 40–51.
- [14] Tomislon, J. Heat Recovery from Wastewater Using a Gravity-Film Heat Exchanger. In Federal Energy Management Program, Department of Energy, Washington D.C., USA, 2005 Available online: [https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/informationalkits/infokit\\_0003\\_DrainwaterFact%20Sheet.pdf](https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/informationalkits/infokit_0003_DrainwaterFact%20Sheet.pdf)
- [15] Hrabová, K.; Hrdlička, T.; Tlašek, M. Use of Heat from Wastewater. In Proceedings of the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Malang City, Indonesia, 12–13 March 2019; IOP Publishing: 2019; Volume 290, p. 012095. doi: 10.1088/1755-1315/290/1/012095
- [16] Pabi, S.; Amarnath, A.; Goldstein, R.; Reekie, L. Electricity use and management in the municipal water supply and wastewater industries. *Electr. Power Res. Institute Palo Alto* 2013, 194. Available online: <https://www.waterrf.org/research/projects/electricity-use-and-management-municipal-water-supply-and-wastewater-industries>
- [17] Merkblatt, D. Energie aus Abwasser–Wärme-und Lageenergie, 2009. Available online: <https://de.dwa.de/de/regelwerksankue ndigungen-volltext/abwasserw%C3%A4rmenutzung-1990.html>
- [18] Wang H. et al., “Comparative analysis of energy intensity and carbon emissions in wastewater treatment in USA, Germany, China and South Africa,” *Appl. Energy*, vol. 184, pp. 873–881, Dec. 2016.



**DATE DE CONTACT**

**Adresa:** Splaiul Independentei nr 202H, Bl. 2, Tronson 1, Sc. A, Parter, Ap. 2  
Sector 6, Bucuresti, Romania

**Telefon:** 004 021 316 27 87; 004 0747 029 988; **FAX:** 004 021 316 27 88

**E-mail :** [secretariat@ara.ro](mailto:secretariat@ara.ro); **Website:** [www.ara.ro](http://www.ara.ro)